

# **LAPORAN MAGANG INDUSTRI**

**PT. LIQUI MOLY SURABAYA**

**(NOGOGENI ITS TEAM)**



Disusun Oleh,

**MOHAMMAD FIRMANSYAH**

**(10211710010122)**

**PROGRAM STUDI S1 TERAPAN TEKNOLOGI**

**REKAYASA KONVERSI ENERGI**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI**

**FAKULTAS VOKASI**

**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**2020**

## **LEMBAR PENGESAHAN**

**Yang bertandatangan dibawah ini**

**Nama :**  
**NIP :**  
**Jabatan :**

**Menerangkan bahwa mahasiswa**

**Nama : Moh. Firmansyah**  
**NRP : 10211710010122**  
**Prodi : S1 Terapan – Teknologi Konversi Energi.**

**Telah menyelesaikan Magang Industri di**

**Nama Perusahaan : PT. LIQUI MOLY**  
**Alamat Perusahaan : Blok 1 No. 23-25, Jalan Kali Rungkut Ruko Mega Raya kali Rungkut, Panjang Jiwo, Kec. Tenggilis Mejoyo, Surabaya, Jawa Timur, 60292.**

**Bidang : Penyedia Produk Pelumas dan zat aditif kendaraan bermotor.**

**Waktu : 10 Agustus – 10 Desember 2020**

**Surabaya,**



**Lie S. Hanafi**

**NIP**

## **LEMBAR PENGESAHAN**

Laporan Magang Industri

**PT LIQUI MOLY SURABAYA**

**Desain dan Analisa Intake System mobil Formula Student Nogogeni ITS**

**Team**

**Telah disetujui dan disahkan pada presentasi Laporan Magang Industri**

**Fakultas Vokasi**

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Surabaya,**



**Dosen Pembimbing,**

**Rizaldy Hakim Ash Shiddieqy, ST., MT**

**NIP 1993201911071**

## **KATA PENGANTAR**

Puji dan syukur kami ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan anugerahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Magang Industri ini. Pada kesempatan ini juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Heru Mirmanto, MT. Selaku Kepala Departemen Teknik Mesin Industri
2. Bapak Rizaldy Hakim Ash Shiddieqy, ST., MT selaku dosen pembimbing Magang Industri
3. Bapak Lie Hanafie, ST. Selaku Pembimbing magang PT. LIQUI MOLY
4. Anggota Nogogeni ITS Team yang telah membantu dalam riset mobil Formula Student.

Laporan Magang Industri ini disusun sedemikian rupa dengan dasar ilmu perkuliahan dan juga berdasarkan pengamatan langsung di Lapangan dan juga tanya jawab dengan pembimbing PT. LIQUI MOLY

Magang Industri ini merupakan kewajiban bagi mahasiswa di Fakultas Vokasi Departemen Teknik Mesin Industri. Penulis menyadari bahwa laporan ini tidak sempurna maka dari itu penulis sangat menerima saran dan kritikan yang sifatnya membangun.

Demikian laporan Magang Industri ini dibuat, semoga laporan ini dapat bermanfaat. Atas perhatian dan waktunya penulis mengucapkan terima kasih.

Surabaya, Desember 2020

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>II</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>III</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>III</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>V</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>VI</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1    Profil Perusahaan.....	1
1.1.1    PT LIQUI MOLY .....	1
1.2    Lingkup Unit Kerja .....	2
1.3    Tujuan dan Manfaat Magang Industri .....	4
<b>BAB II KAJIAN TEORI .....</b>	<b>5</b>
2.1 Formula Society of Automotive Engineers .....	5
2.1.1 Sejarah Singkat FSAE .....	5
2.1.2 Sekilas Tentang Formula SAE Australasia.....	6
2.2 Komponen Kendaraan Formula SAE.....	9
2.2.1 Chassis atau Frame .....	9
2.2.2 Sistem Suspensi .....	9
2.2.3 Sistem Penggerak.....	10
2.2.4 Sistem Pemasukan Udara dan Bahan Bakar. ....	13
2.2.5 Sistem Pembuangan.....	14
2.2.6 Sistem Kemudi.....	14
2.2.7 Roda.....	15
2.2.8 Perangkat Aerodinamika.....	16
2.3    Komponen-komponen Intake System. ....	16
2.4 Pertimbangan Desain Intake Air System.....	20
2.4.1 Perlakuan untuk aliran Steady State. ....	20
2.4.2 Perlakuan untuk aliran udara pulsa.....	21
2.4.3 Penjelasan tentang Inersia Hisap. ....	22
2.4.4 Panjang Pipa Intake untuk mengeksplotasi Inersia Hisap. ....	22
2.4.5 Nozzle Divergen dan Konvergen.....	23
2.4.6 Teori Helmholtz.....	24
<b>BAB III AKTIFITAS MAGANG INDUSTRI.....</b>	<b>25</b>

3.1 Relisasi Kegiatan Magang Industri. ....	25
3.1.1 Tabel Timeline Pengerjaan Selama Magang Industri.....	25
3.1.2. Penjelasan Singkat dari Timeline Pengerjaan.....	27
3.2 Rapid Prototype. ....	27
3.2.1 Diagram Alir Pengerjaan .....	28
3.2.2 Desain Parameter .....	32
3.2.3 Perhitungan Geometri Intake System. ....	34
3.2.4 Desain Terapan. ....	35
3.2.5 Mengidentifikasi konstanta dan variabel Intake System. ....	38
3.2.6 Analisis CFD.....	39
3.2.7 Manufaktur Intake System.....	39
<b>BAB IV HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>41</b>
4.1 Hasil Analisa CFD.....	41
4.2 Manufaktur Rapid Prototype .....	44
4.2.1 Manufaktur Restrictor.....	44
4.2.2 Manufaktur Plenum. ....	45
4.2.3 Manufaktur Intake Runner.....	46
4.2.4 Perakitan .....	46
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>48</b>
5.1 Kesimpulan.....	48
5.2 Saran .....	48
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>49</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>50</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2 1 Bentuk Frame mobil FSAE .....	9
Gambar 2 2 Sistem Suspensi mobil FSAE.....	10
Gambar 2 3 Penggerak pada mobil FSAE .....	11
Gambar 2 4 Sistem Transmisi mobil FSAE.....	11
Gambar 2 5 Diferensial yang digunakan pada mobil FSAE.....	12
Gambar 2 6 Final Drive mobil FSAE .....	13
Gambar 2 7 Intake System mobil FSAE.....	13
Gambar 2 8 Exhaust System mobil FSAE .....	14
Gambar 2 9 Steering System mobil FSAE.....	15
Gambar 2 10 Roda pada mobil FSAE.....	15
Gambar 2 11 Perangkat Aerodinamika mobil FSAE.....	16
Gambar 2 12 Air Filter .....	17
Gambar 2 13 Throttle Body .....	18
Gambar 2 14 Restrictor .....	18
Gambar 2 15 Plenum.....	19
Gambar 2 16 Intake Runner FSAE .....	20
Gambar 2 17 Kondisi udara Steady State .....	21
Gambar 2 18 Penjelasan Inersia Hisap.....	22
Gambar 2 19 Susunan Intake System.....	22
Gambar 2 20 Kondisi udara pada nozzle .....	24
Gambar 3. 1 Regulasi Intake System. ....	33
Gambar 3. 2 Geometri Plenum.....	37
Gambar 3. 3 Perakitan Intake System pada Engine .....	37
Gambar 3. 4 Posisi Engine dan Intake System pada mobil Formula Student Nogogeni ITS Team.....	38
Gambar 3. 5 Perhitungan Mass Flow Rate.....	39
Gambar 4. 1 Kontur Tekanan pada Restrictor .....	42
Gambar 4. 2 Kontur Kecepatan pada Restrictor .....	42
Gambar 4. 3 Kontur Tekanan pada Intake System Formula Student Nogogeni ITS Team.....	43
Gambar 4. 4 Vektor Kecepatan pada Intake System Formula Student Nogogeni ITS Team.....	43
Gambar 4. 5 Proses 3D Print (Rapid Prototype) Restrictor .....	45
Gambar 4. 6 Pre-Process manufaktur mold Plenum .....	46

## DAFTAR TABEL

Tabel 1 1 Timeline Pengerjaan Intake System.....	3
Tabel 1 2 Waktu Kerja Magang Industri.....	3
Tabel 2 1 Perbandingan antara Orifice dan Nozzle. ....	23
Tabel 3 1 Timeline Pengerjaan Intake System.....	25
Tabel 3 2 Spesifikasi Engine Husaberg FE 450 2011 .....	32
Tabel 4 1 Iterasi Simulasi CFD .....	41



## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

Magang Industri merupakan salah satu kurikulum pada Departemen Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember, yang diwajibkan dilaksanakan dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan untuk dapat menyusun Tugas Sarjana.

Melalui magang industri, mahasiswa diharapkan dapat menerapkan teori-teori ilmiah yang diperoleh selama mengikuti perkuliahan untuk kemudian dapat dianalisa dan memecahkan masalah yang timbul dilapangan, serta memperoleh pengalaman yang berguna dalam mewujudkan pola kerja yang akan dihadapi nantinya setelah mahasiswa menyelesaikan studinya.

#### **1.1 Profil Perusahaan**

##### **1.1.1 PT LIQUI MOLY**

PT Liqui Moly, adalah sebuah perusahaan asal Jerman yang menyediakan pelumas serta produk aditif yang digunakan pada kendaraan bermotor. Didirikan sejak tahun 1957 di Ulm, Liqui Moly terkenal lewat produk utama mereka oli yang telah ditambahkan zat aditif *Molibdenum Sulfida* yang diklaim mampu mencegah tingkat keausan pada ruang pembakaran yang tinggi. Saat ini, Liqui Moly telah memasarkan produknya hampir keseluruh dunia dengan lebih dari 4000 produk yakni, pelumas mesin dan roda gigi, pelumas rantai, hingga produk perawatan peralatan berkendara lainnya seperti pembersih helm. Tidak hanya itu, Liqui Moly telah menjadi salah satu sponsor untuk kompetisi balap *Formula 1* dan MotoGP.

Dalam program Magang Industri PT. Liqui Moly juga membantu Tim Nogogeni ITS dalam persiapan menuju event FSAE-A 2020 dengan cara memasok kebutuhan pelumas dan zat aditif pendukung untuk performa engine dan memberikan penilaian terhadap program Magang Industri. Seperti yang kita ketahui pada kondisi pandemi banyak perusahaan sedang

tidak stabil, maka ini berakibat ke kondisi SDM perusahaan, dengan berkurangnya SDM di perusahaan maka kesempatan mahasiswa untuk melakukan Magang Industri semakin kecil, dengan adanya program Magang Industri Kerjasama Liqui Moly sangat membantu mahasiswa dalam melaksanakan Magang Industri.

- a. Visi dan Misi**
- b. Struktur Organisasi**
- c. Aspek Manajemen**
  - 1. Aspek Produksi.**
  - 2. Aspek Keuangan**
  - 3. Aspek SDM**

## **1.2 Lingkup Unit Kerja**

### **1. Lokasi Unit Magang Industri**

Workshop Nogogeni ITS Team, Departemen Teknik Mesin Industri, Kampus Institut Teknologi Sepuluh Nopember Sukolilo, Kec. Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur, 60111

### **2. Lingkup Penugasan**

Pada kegiatan magang industri kali ini. Nogogeni ITS Team sedang melakukan persiapan dan pengerjaan guna berpartisipasi dalam *event* FSAE Australasia. Dalam partisipasinya kali ini, Nogogeni ITS Team ikut ambil andil dalam perlombaan statis (*static event*) yang terdiri dari *Design Event*, *Cost Report*, dan *Business Presentation*. Dalam laporan kegiatan magang industri ini, penulis ditugaskan untuk mengerjakan bagian *Business Presentation*, yang mana akan membahas cara memasarkan produk mobil *Formula student* milik Nogogeni ITS Team.

### **3. Rencana dan Penjadwalan Kerja**

Dalam pengerjaan dan pengerjaan kompetisi FSAE Australasia 2020. Dibagi menjadi 3 tahap yaitu Desain dan perancangan, Manufaktur, dan

Perakitan pada mobil Formula Nogogeni ITS Team. Dalam proses bekerja pasti dibutuhkan suatu penjadwalan dalam pekerjaan tersebut, berikut rancangan kerja/timeline pekerjaan yang saya buat berdasarkan proses pekerjaan saya.

Tabel 1 1 Timeline Pengerjaan Intake System

## NOGOGENI ITS TEAM

Formula SAE-A 2020

Project Start Date		8/10/2020 (Monday)		Display Week		1	
Project Lead		Mohammad Firmansyah					
WBS	TASK	LEAD	START	END	DAYS	% DONE	WORK DAYS
1	Intake Air system						
1.1	Studi Literatur dan Ketentuan Teknis	Mohammad Firmansyah	Mon 8/10/20	Mon 8/17/20	6	100%	6
1.2	Pencarian Referensi		Tue 8/18/20	Sun 8/30/20	9	100%	9
1.3	Pembuatan Desain Konsep		Mon 8/31/20	Thu 9/10/20	9	100%	9
1.4	Pembuatan Desain sesuai dengan Engine		Fri 9/11/20	Wed 9/30/20	14	100%	14
1.5	Perhitungan dan Simulasi		Thu 10/01/20	Thu 10/15/20	11	100%	11
1.6	Manufaktur Objek		Fri 10/16/20	Thu 12/10/20	40	100%	40
1.7	Pemasangan Intake Air System pada Engine.		Fri 12/11/20	Sun 12/20/20	40	100%	6

Tabel 1 2 Waktu Kerja Magang Industri

Hari Kerja	Senin – Jumat
Jam Kerja	08.00 – 16.00

#### 4. Tujuan Pengerjaan

Adapaun kegiatan yang dikerjakan oleh mahasiswa dalam kegiatan magang industri ini bertujuan untuk:

- 1) Mengetahui tata cara pembuatan *Intake System* dalam kompetisi *Formula SAE Australasia 2020*
- 2) Membuat perancangan, desain dan Analisa Intake System mobil Formula Student Nogogeni ITS Team.

### **1.3 Tujuan dan Manfaat Magang Industri**

Ada beberapa manfaat yang dapat diperoleh dari pelaksanaan Magang Industri ini baik dari pihak mahasiswa, perusahaan maupun perguruan tinggi, yaitu:

1. **Bagi Mahasiswa**

Dapat meningkatkan wawasan mahasiswa terhadap kondisi nyata perusahaan, meningkatkan kemampuan soft skill, menambah pengalaman pada suatu lingkup pekerjaan yang sesungguhnya dan serta keyakinan akan teori yang diperoleh dari perkuliahan.

2. **Bagi Perguruan Tinggi**

Tercipta pola kemitraan yang baik dengan perusahaan tempat mahasiswa melaksanakan Magang Industri mengenai berbagai persoalan yang muncul untuk kemudian di cari solusi bersama yang lebih baik.

3. **Bagi perusahaan**

Adanya masukan bermanfaat yang dapat digunakan untuk meningkatkan produktivitas perusahaan sesuai dengan hasil pengamatan yang dilakukan mahasiswa selama melaksanakan Magang Industri.

## **BAB II**

### **KAJIAN TEORI**

#### **2.1 Formula Society of Automotive Engineers**

##### **2.1.1 Sejarah Singkat FSAE**

*Formula SAE (Society of Automotive Engineers)* merupakan kompetisi bagi mahasiswa diseluruh penjuru dunia untuk bersaing dalam pembuatan mobil *formula* mulai dari desain, manufaktur, hingga penjualan mobil tersebut yang diselenggarakan oleh *SAE International*. Sejarah diadakannya kompetisi ini diinisiasi oleh salah seorang dosen yang berasal dari *Houston University* (Texas) yaitu, Mark Marshek. Beliau menghubungi pihak *SAE Educational Relations Departement* pada tahun 1978, memberikan inoasi untuk perlombaan *Mini Baja* (sekarang disebut *Mini Indy*). Dari ide yang diberikan Mark Marshek tersebut akhirnya SAE tertarik dan menyetujui ide tersebut, dikarenakan berpotensi untuk menjalin relasi dengan perusahaan-perusahaan besar di bidang otomotif.

Tahun berselang tepatnya tahun 1980 seorang aisten professor bernama Ron Matthews dari *University of Texas, Austin, Amerika Serikat*. Memulai *UT Student* bagian dari *SAE* pada bulan Januari. Sebulan berselang, kompetisi *Mini Indy SAE* diseleggarakan dengan regulasi yang mengharurskan peserta menggunakan *Briggs & Stratton Engine* bertenaga 5 hp. Namun, sayangnya kompetisi tersebut (*Mini Indy SAE*) tidak berjalan dengan mulus, dan Ron Matthews bersama mahasiswa dari universitas yang sama melakuakn diskusi untuk mempertimbangkan regulasi baru yang lebih terbuka dan mampu menarik lebih banyak partisipan nantinya. Dari hasil diskusi mereka akhirnya ditetapkanlah kompetisi yang disebut dengan *Formula SAE* yang memperbolehkan pesertanya menggunakan mesin 4 langkah hingga *Wankles and diesels*. Lewar rancangan ini Proffesor Matthews menghubungi pihak *SAE*, dan memberikan antusias yang kemudian menyetujui gagasan Profesor Matthews dan keempat mahasiswanya tersebut.

Kompetisi *Formula SAE* pertama akhirnya diselenggarakan pada tahun 1981. Kompetisi perdana ini menjadi sebuah kompetisi nasional di Amerika Serikat dan diikuti oleh 4 universitas yaitu, *Stevens Institute*, *University of Tulsa*, *University of Cincinnati*, dan *University of Texas at Austin* yang tidak lain ditunjuk sebagai tuan rumah. Event perdana ini juga akhirnya membuat produsen otomotif seperti *General Motors*, *Ford*, *Southwest Research Institute*, dan berbagai macam perusahaan pelumas ikut andil bagian menjadi dewan juri.

### **2.1.2 Sekilas Tentang Formula SAE Australasia**

*Formula SAE (Society Automotive of Engineers) Australasia* adalah sebuah kompetisi untuk tingkat mahasiswa yang diselenggarakan oleh SAE. Kompetisi ini dimulai sejak tahun 2000 hingga saat ini. Kompetisi ini awalnya diselenggarakan di tahun 2000 di You Yangs (Ford Proving Grounds), 2001 diselenggarakan di Lang Lang (Holden Proving Grounds), 2002 diselenggarakan di Carrum Downs (Country Fire Authority Training Ground), 2003 diselenggarakan di Tailem Bend (Mitsubishi Proving Ground), 2004-2013 diselenggarakan di Victoria University dan 2014-2017 diselenggarakan di Calder park, Melbourne. Pada tahun 2018-2019 diselenggarakan di Winton Motor Raceway. Dan pada tahun 2020 event FSAE-A diselenggarakan secara virtual karena kondisi wabah COVID-19, event ini akan diselenggarakan pada tanggal 14-18 Desember 2020.

Terdapat dua macam event dalam *Formula SAE Australasia*, yaitu *Static Event* dan *Dynamic Event*. *Static Event* meliputi Technical Inspection, Cost Event, Business Plan Presentation, dan Design Event. Dan pada *Dynamic Event* meliputi acceleration, skid pad, autocross, dan efficiency. Karena juara dari event tersebut ditentukan dari hasil akumulasi poin yang didapat dari berbagai sub event. Selain penghargaan yang didapat dari main event, masih terdapat banyak penghargaan lagi seperti, best rookie untuk pendatang baru terbaik, dan masih banyak penghargaan lagi. Adapun model kendaraan yang dikompetisikan dalam kejuaraan tersebut harus sesuai dengan peraturan yang telah ditetapkan oleh SAE, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1

### Technical Inspection

Pada tahap ini bertujuan untuk menyesuaikan antara kondisi mobil peserta dengan peraturan yang telah ditetapkan. Terdapat beberapa tahap didalam Technical Inspection ini antara lain, Initial Inspection, Mechanical Inspection, Driver Restraints, General Inspection, Electrical Inspection (EV), Tilt Test, Noise Test, Driver Cockpit Checks, Rain Test (EV). Jika kendaraan telah sesuai dan melalui semua Technical Inspection maka selanjutnya akan dilanjutkan dalam tahap Static Event dan Dynamic Event.

### Static Event

Pada tahap ini peserta hanya melakukan presentasi dihadapan dewan juri dengan kondisi mobil diam atau tidak berjalan. Terdapat beberapa sub event pada static event ini, antara lain:

#### Design Event.

Pada tahap Design Event ini peserta melakukan presentasi dihadapan dewan juri dalam konteks bentuk mobil dan tujuan perancangan mobil, jadi segala pertimbangan dan data yang dihasilkan dalam perancangan mobil harus dipaparkan dihadapan dewan juri.

#### Cost Event

Dalam tahap Cost Event ini peserta dituntut untuk melakukan presentasi terhadap pertanggungjawaban dalam biaya pembentukan mobil sesuai dengan standar biaya yang dilakukan oleh pihak SAE.

#### Business Plan Presentation

Didalam kejuaraan FSAE tidak hanya membahas tentang perancangan dan manufaktur mobil saja, tetapi didalam tahap ini peserta dituntut untuk melakukan presentasi dalam konteks pemasaran mobil yang telah dibuat secara logis.

### Dynamic Event

Pada tahap ini peserta melakukan event dengan membutuhkan mobil dalam keadaan berjalan atau *running test*, didalam tahap Dynamic Event ini terdapat beberapa sub event, antara lain:

#### Acceleration Event

Pada tahap acceleration ini bertujuan untuk mengevaluasi dan mengetahui performa mobil dari segi kecepatan kendaraan di lintasan lurus pada jalur datar sepanjang 75 meter. Pada event ini, mobil dituntut untuk berakselerasi dari kondisi diam untuk mencapai jarak tersebut dengan waktu secepat mungkin ditunjukkan pada gambar 2.2

#### Skidpad Event

Pada tahap skid-pad ini bertujuan untuk mengukur kemampuan belok dan akselerasi kendaraan pada lintasan datar dengan radius belok konstan. Berikut ini adalah gambar layout skidpad pada kompetisi FSAE ditunjukkan pada gambar 2.3. Dilakukan dua kali pengujian secara berurutan. Kendaraan masuk lurus kedalam lintasan ini dengan mengambil putaran pada lingkaran kanan sebanyak dua kali. Setelah itu langsung dilanjutkan dengan memutar lingkaran kiri sebanyak dua kali.

#### Autocross dan Endurance Event

Pada tahap autocross event pengemudi akan mengendarai kendaraan sebanyak 1 putaran penuh sekitar 934 meter yang meliputi lintasan lurus, tikungan, dan slalom. Sedangkan pada tahap Endurance Event ini pengemudi menendarai kendaraan sebanyak 20 kali putaran penuh dengan layout lintasan yang sama dengan autocross event. Tujuannya untuk menguji kemampuan manuver dan ketahanan dari mobil yang sudah dibuat. Spesifikasi lintasan pada endurance event :

Lintasan Lurus : Tidak lebih dari 77 meter dengan putar balik kendaraan yang terletak diujung dengan lebar lintasan 61 meter.

- Belokan Konstan : Diameter 30 meter sampai 54 meter.
- Belokan Putar Balik : Diameter liar minimal 9 meter.

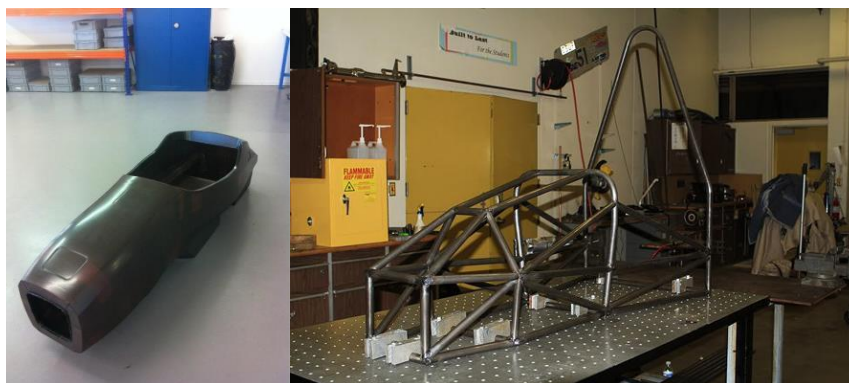


- Slalom : Jarak antar cone 9 meter sampai 15 meter.
- Miscellaneous : Dengan standar minimum lebar track 4,5 meter.

## 2.2 Komponen Kendaraan Formula SAE

### 2.2.1 Chassis atau Frame

Chassis merupakan kerangka dasar dari kendaraan. *Frame* memiliki ruang untuk komponen yang akan diperbaiki kendaraan. FSAE (Formula Society of Automotive Engineers) adalah sebuah organisasi yang menyelenggarakan acara siswa formula di semua seluruh dunia. Sasis gaya Formula memiliki tipe yang berbeda Monocoque dan bingkai luar angkasa. Tapi Space Frame Chassis mudah dilakukan membuat dan mencapai kekakuan struktural sebagian besar siswa lebih memilih Space Frame. [1]



Gambar 2 1 Bentuk Frame mobil FSAE

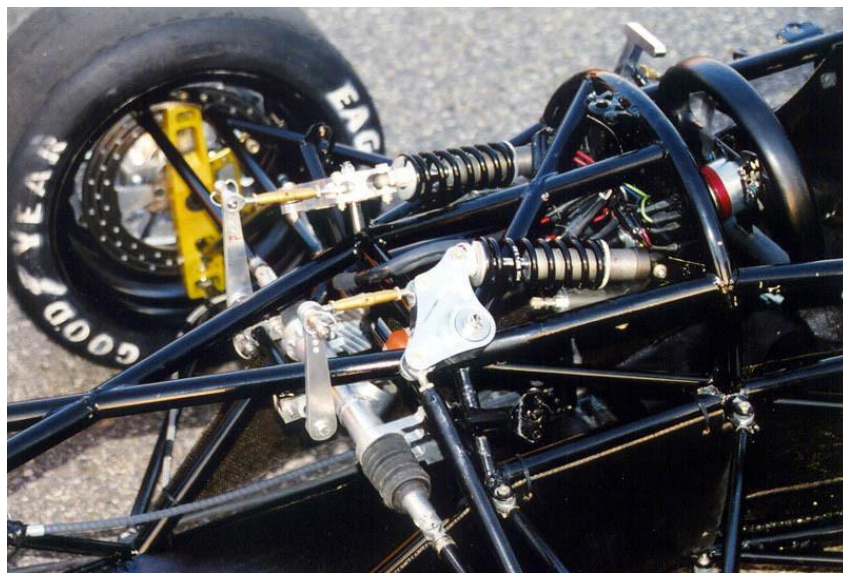
Sumber: <https://www.arc-zone.com/blog/joewelder/2010/03/29/racing-to-the-finish/>

### 2.2.2 Sistem Suspensi

Sistem suspensi adalah mekanisme yang menghubungkan bodi dengan roda. Ketika tubuh memiliki gerakan yang tidak berhubungan. Di antara roda, pergerakannya dibatasi oleh suspensi dengan semua jenis gaya dan momen di antara roda roda dan tanah. Desain sistem suspensi

merupakan bagian penting dari desain kendaraan secara keseluruhan menentukan performa mobil balap.[2] Pada umumnya suspensi dapat digolongkan menjadi suspensi tipe rigid (rigid axle suspension) dan tipe bebas (independent suspension). Suspensi menghubungkan body kendaraan dengan roda - roda dan berfungsi sebagai berikut

- Menyerap getaran, kejutan dari permukaan jalan, sehingga menambah kenyamanan bagi penumpangnya.
- Memindahkan gaya pengereman dan gaya gerak ke body melalui gesekan antara jalan dengan roda-roda.
- Menopang body pada axle dan memelihara letak geometris antara body dan roda-roda.



Gambar 2 2 Sistem Suspensi mobil FSAE.

Sumber: <https://dyr.crmabortas.online/fsae-suspension.html>

## 2.2.3 Sistem Penggerak

### 2.2.3.1 Engine dan Motor Listrik

Dalam perancangan mobil Formula SAE ini terdapat dua tipe penggerak yaitu dengan menggunakan Engine sebagai penggerak berbasis Internal Combustion dan Motor Listrik sebagai penggerak

berbasis elektrik. Dalam perlombaan FSAE dua penggerak tersebut dimasukkan dalam kelas yang berbeda.

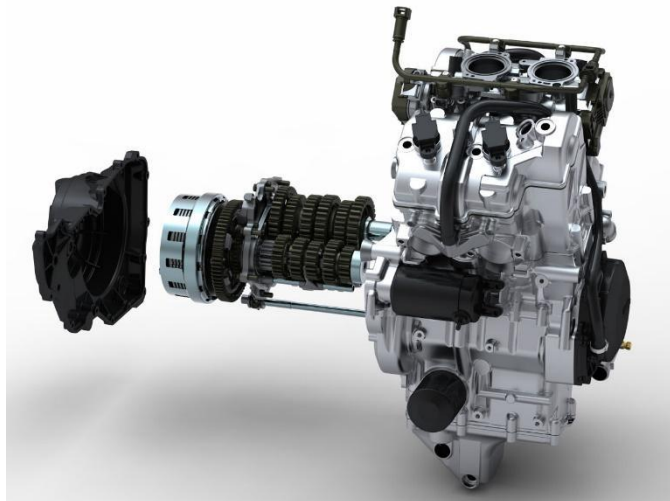


Gambar 2 3 Penggerak pada mobil FSAE

Sumber: <https://www.formulastudent.de/pr/news/details/article/pats-corner-bill-mitchell-rules-engine-choices/>

#### 2.2.3.2 Sistem Transmisi

Sistem Transmisi adalah sistem yang berfungsi untuk konversi torsi dan kecepatan (putaran) dari mesin menjadi torsi dan kecepatan yang berbeda-beda untuk diteruskan ke penggerak akhir. Konversi ini mengubah kecepatan putar yang tinggi menjadi lebih rendah tetapi lebih bertenaga, atau sebaliknya.[3]



Gambar 2 4 Sistem Transmisi mobil FSAE

Sumber: <http://www.multibody.net/teaching/msms/students-projects-2014/seamless-shifting/>

### 2.2.3.3 Differential

Komponen ini berfungsi untuk menghantarkan tenaga dari transmission ke final drive kiri dan kanan.[4]



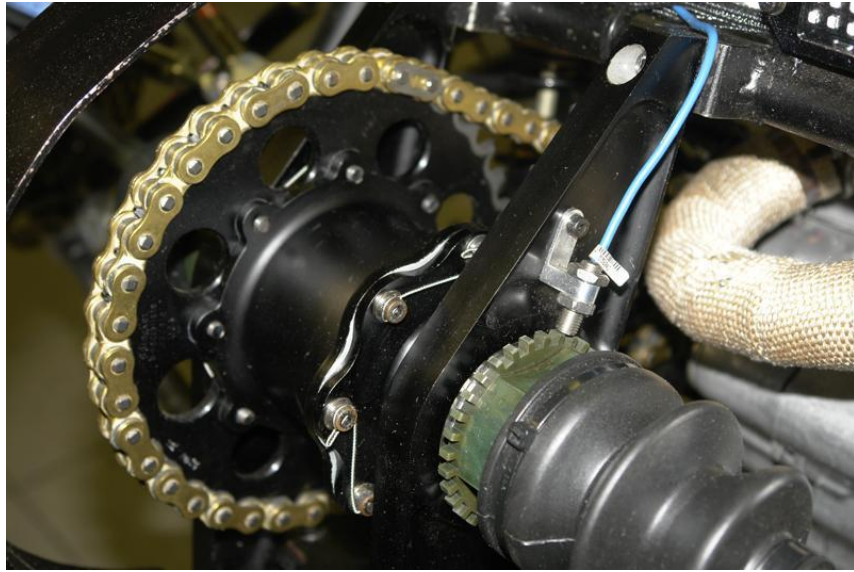
Gambar 2 5 Diferensial yang digunakan pada mobil FSAE

*Sumber:*

<https://www.behance.net/search/projects?search=FSAE&sort=recommended&time=month&ordinal=96>

### 2.2.3.4 Final Drive

Komponen dari power train sebagai penggerak akhir yaitu menuju roda atau track. Fungsinya untuk melipat gandakan torque yang paling akhir/Mereduksi putaran akhir yang bertujuan untuk mendapatkan tenaga yang lebih besar.[4]



Gambar 2 6 Final Drive mobil FSAE

Sumber: [https://www.burnpavement.com/upload/image/1307357912\\_2011-sprocket.jpg](https://www.burnpavement.com/upload/image/1307357912_2011-sprocket.jpg)

#### 2.2.4 Sistem Pemasukan Udara dan Bahan Bakar.

Sistem yang memungkinkan udara dan bahan bakar masuk ke dalam mesin dikenal sebagai sistem intake. Sistem ini terdiri dari filter udara, intake manifold, dan karburator atau throttle body bersama dengan injektor bahan bakar bertekanan tergantung pada mesinnya. Sebagian besar mobil modern menggunakan sistem injeksi bahan bakar, bukan karburator, untuk mengukur dengan lebih tepat jumlah bahan bakar yang masuk ke mesin.



Gambar 2 7 Intake System mobil FSAE

Sumber: <https://3dprint.com/69576/3d-printed-intake/>



### 2.2.5 Sistem Pembuangan.

Sistem pembuangan mengumpulkan gas buang dari silinder, menghilangkan zat berbahaya, mengurangi tingkat kebisingan dan membuang gas buang yang dimurnikan pada titik yang sesuai saat kendaraan jauh dari penghuninya. Sistem pembuangan dapat terdiri dari satu atau dua saluran tergantung pada mesinnya. Hambatan aliran harus dipilih agar tekanan balik knalpot mempengaruhi kinerja mesin sekecil mungkin. Untuk memastikan bahwa sistem pembuangan berfungsi dengan sempurna, itu harus dilihat secara keseluruhan dan dikembangkan sebagaimana mestinya. Ini berarti bahwa komponennya harus dikoordinasikan oleh insinyur desain sesuai dengan kendaraan dan mesin tertentu.



Gambar 2.8 Exhaust System mobil FSAE

Sumber: <https://linkecu.com/ucm-triumph-675-sae-car/>

### 2.2.6 Sistem Kemudi

Sistem Kemudi memegang peran penting dalam suatu kendaraan, sistem ini bertujuan untuk membelokkan kendaraan atau mengatur arah laju kendaraan dengan mengatur posisi roda-roda kendaraan. Sistem kemudi harus mampu membelokkan kendaraan pada semua kondisi pengendalian dengan lancar, aman, dan tetap stabil. Komponen utama dalam sistem kemudi adalah roda kemudi, poros kemudi, roda gigi kemudi, dan batang-batang penghubung kemudi.[5]

Pendukung utama kerja sistem kemudi adalah sistem kelurusan roda (Wheel Alignment) yang factor-faktornya antara lain adalah Camber, Caster,

King-pin Inclination atau Steering Axis Inclination, dan toe. Wheel Alignment menjadikan pengendalian kendaraan menjadi lebih mudah, baik, dan lebih stabil.



Gambar 2 9 Steering System mobil FSAE

Sumber: <https://portfolium.com/entry/fsae-formula-1-steering-system>

### 2.2.7 Roda

Roda adalah objek berbentuk lingkaran, yang bersama dengan sumbu, dapat menghasilkan suatu gerakan dengan gesekan kecil dengan cara bergulir. Dalam perancangan mobil Formula SAE terdapat beberapa komponen dalam roda yaitu, Ban, Pelek, Upright, dan Wheel Hub.



Gambar 2 10 Roda pada mobil FSAE

Sumber: <https://www.jakescherlis.com/16e>

### 2.2.8 Perangkat Aerodinamika

Perangkat Aerodinamika ini merupakan suatu komponen yang terdapat pada mobil Formula SAE yang bertujuan untuk melindungi komponen bagian dalam mobil dan membantu performa mobil dengan menghasilkan gaya hambat sekecil mungkin pada kendaraan sehingga dengan begitu akan memudahkan mobil dalam kondisi akselerasi.[6]



Gambar 2 11 Perangkat Aerodinamika mobil FSAE

Sumber: <https://grabcad.com/library/formula-student-concept-body-1>

## 2.3 Komponen-komponen Intake System.

### a. Filter Udara

Filter adalah spare parts yang penting, berfungsi sebagai penyaring kotoran, debu, dan partikel lainnya yang masuk dalam aliran sistem. Sistem yang ada adalah sistem pelumasan, sistem pembakaran (pada engine), sistem hidrolik.





Gambar 2 12 Air Filter

Sumber: <https://www.team-hard.com/store/auto/kn-filters/universal-air-filters/kn-universal-clamp-on-air-filter-2-1-8flg3b2t3h-4-per-box/>

#### b. Throttle Body

Pada mesin injeksi bahan bakar, throttle body adalah bagian dari sistem pemasukan udara yang mengontrol jumlah udara yang mengalir ke mesin, sebagai respons terhadap masukan pedal akselerator pengemudi di bagian utama. Badan throttle biasanya terletak di antara kotak filter udara dan intake manifold, dan biasanya dipasang ke, atau di dekat, sensor aliran udara massa. Seringkali, saluran pendingin mesin juga berjalan melewatinya agar mesin menarik udara masuk pada suhu tertentu (suhu pendingin mesin saat ini, yang dirasakan ECU melalui sensor yang relevan) dan oleh karena itu dengan kepadatan yang diketahui.



Gambar 2 13 Throttle Body

Sumber: <https://www.boonstraparts.com/en/part/honda-cbr-250-r-2011-2013-cbr250-cbr250r-throttle-body-assy-2011/000000303512>

#### c. Restrictor

*Restrictor*, adalah sebutan untuk pembatasan saluran *intake manifold* yang dibatasi maksimal berdiameter 20 mm.



Gambar 2 14 Restrictor

Sumber: <https://grabcad.com/library/barrel-throttle-body-fsae-1>

#### d. Plenum

Plenum adalah wadah bertekanan yang mengandung fluida (biasanya udara) pada tekanan positif. Salah satu fungsi plenum adalah untuk menyamakan tekanan agar distribusi lebih merata, karena pasokan atau permintaan yang tidak teratur. Biasanya sebuah plenum memiliki volume yang relatif besar dan dengan demikian memiliki kecepatan yang relatif rendah (dibandingkan dengan komponen lain dari suatu sistem).



Gambar 2 15 Plenum

Sumber: <http://edge.rit.edu/edge/P13222/public/>

#### e. Runner/Injector Holder.

Injector Holder merupakan suatu komponen yang terdapat sistem pemasukan udara dan bahan bakar pada mobil Formula Student. Injector Holder/Runner ini memiliki fungsi sebagai tempat peletakan injector pada intake manifold dan sebagai saluran utama dalam penyemprotan bahan bakar ke intake system.



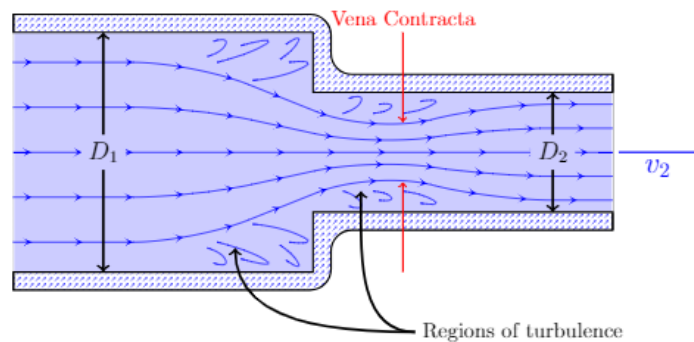
Gambar 2 16 Intake Runner FSAE

Sumber: <https://twitter.com/fullblueracing>

## 2.4 Pertimbangan Desain Intake Air System.

### 2.4.1 Perlakuan untuk aliran Steady State.

Daya engine yang keluar kurang lebih proporsional dengan laju aliran massa udara masuk. Persyaratan utama dalam meningkatkan daya adalah mengurangi hambatan akibat turbulans. Suhu masuk yang tinggi menyebabkan peningkatan volume dengan ketidakmampuan yang menyertai untuk meningkatkan massa. Oleh karena itu, port saluran masuk tidak boleh ditempatkan di hilir dari manifold buang atau radiator. Di dalam gas buang, ada perbedaan tekanan internal / eksternal mendekati 2 atmosfer. Karena udara masuk memiliki tekanan maksimum 1 atmosfer, prioritas harus diberikan pada pemasukan, karena aliran pemasukan dibatasi oleh pembatas, tidak akan efektif untuk menambah luas penampang bagian lain. Untuk gas buang, pemuaian gas akibat kenaikan suhu harus diakomodasi.



Gambar 2 17 Kondisi udara Steady State

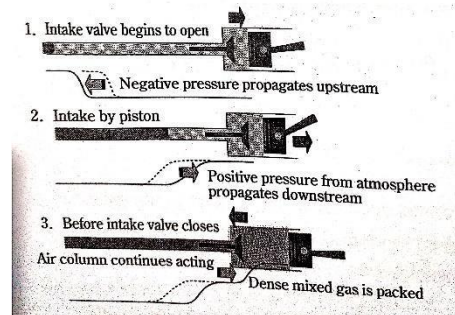
Sumber: <https://kdusling.github.io/teaching/Applied-Fluids/Notes/FrictionLosses>

#### 2.4.2 Perlakuan untuk aliran udara pulsa.

Pada silinder tertentu, penggunaan inersia kolom udara pada pipa knalpot akibat tekanan hisap yang dihasilkan silinder disebut sebagai efek inersia, dan penggunaan tekanan hisap berlebih dari silinder lain sering disebut sebagai efek pulsasi.

Dianalogikan, Ketika lampu lalu lintas menyala hijau, dan mobil terdepan mulai bergerak, transmisi informasi ke mobil-mobil berkitunya tertunda, karena itu dibutuhkan waktu sebelum mobil yang berhasil mencapai kecepatan tertinggi. Gerakan udara didalam intake tabung setelah katup masuk terbuka tunduk menunda karena alasan yang sama. Namun, jika mobil utama tiba-tiba berhenti, maka mobil yang berhasil mendekati mobil leading satu persatu, dan kepadatan mobil meningkat. Itu udara masuk yang memasuki silinder berperilaku di cara yang sama.

### 2.4.3 Penjelasan tentang Inersia Hisap.

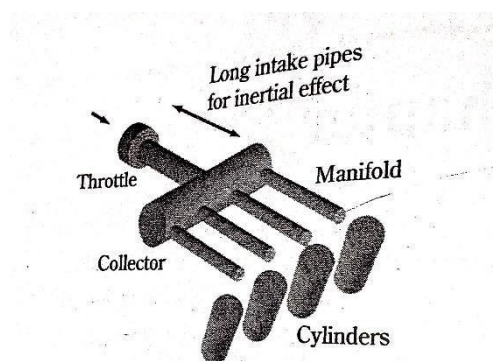


Gambar 2 18 Penjelasan Inersia Hisap

*Sumber: Motor Car Development/Fabrication Guide.*

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar diatas, saat piston bergerak setelah turunnya katup terbuka, yang internal tekanan silinder menurun, dan berkurang tekanan menyebar ke hulu ke tabung asupan. Pertama, tekanan dalam tabung turun untuk hisap udara di dalam tabung asupan ke dalam silinder. Bila gelombang tekanan negatif ini menyebar ke pembukaan atmosfer, tekanan positif tercermin dari sana. Dengan menutup katup intake. Saat gelombang tekanan positif benar-benar memasuki silinder, campuran gas lebih tinggi di densitas dari silinder aliran steady bisa diisi.

### 2.4.4 Panjang Pipa Intake untuk mengeksploitasi Inersia Hisap.



Gambar 2 19 Susunan Intake System

*Sumber: Motor Car Development/Fabrication Guide.*

Gambar diatas menunjukkan bagian intake sistem, dengan mengatur katup masuk sesuai panjang, waktu kedatangan tercermin gelombang dapat

disesuaikan dengan waktu katup tutup. Yang menentukan panjang pipa masuk darimana ke mana, tergantung pada volume pengumpul. Jika volumenya relative besar *collector* bisa dianggap sebagai ujung pembuka dari suasana. Dalam sistem pembuangan, muffler. Alih-alih *collector*, berikan fungsi ini. Itu panjang dari katup buang ke mesin memiliki dampak signifikan pada tenaga mesin.

#### 2.4.5 Nozzle Divergen dan Konvergen

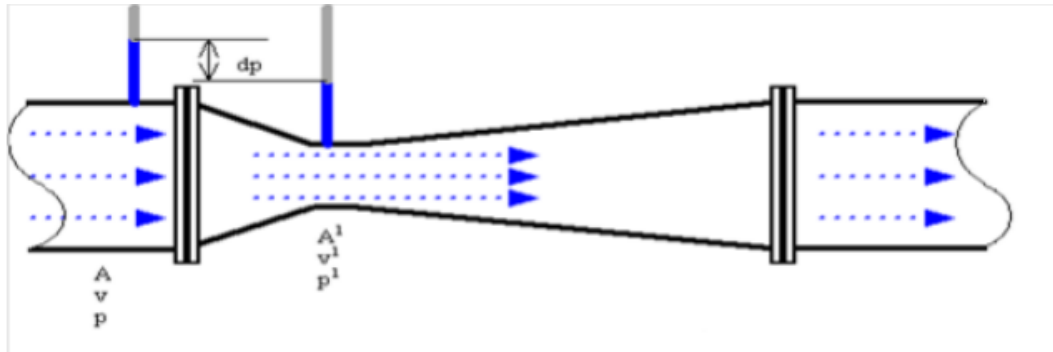
Pengukur venturi adalah alat pengukur aliran yang menggunakan bagian pipa yang konvergen untuk memberikan peningkatan kecepatan aliran dan penurunan tekanan yang sesuai dari mana laju aliran dapat disimpulkan. Pada desain Venturi tidak terdapat pembentukan vena-contracta serta kerugian bersih akibat gesekan sangat rendah. Tekanan tinggi dan pemulihan energi membuat venturi cocok di mana hanya kepala tekanan kecil tersedia. Pengukur Venturi digunakan untuk mengukur laju aliran melalui aliran fluida yang tidak dapat dimampatkan sedangkan nosel melibatkan aliran fluida yang dapat dimampatkan. Namun, fungsi nosel dengan cara yang sama seperti venturi dan dengan demikian prinsip yang sama yang disebutkan di atas berlaku untuk nosel (kecuali kenyataan bahwa kita harus mempertimbangkan aliran sebagai dapat dimampatkan tanpa mengabaikan kerugian gesekan).

Tabel 2 1 Perbandingan antara Orifice dan Nozzle.

Parameter	Orifice Plate	Nozzle
Koefisien Debit	0.60	0.975
Pressure Losses	Tinggi	Rendah
Kerugian Friksi	Tinggi	Rendah

Itu Pembatas tipe Nozzle Converging-Diverging paling cocok untuk mobil FSAE karena koefisien pelepasan yang tinggi, kehilangan tekanan rendah, dan kerugian gesekan yang rendah. Sudut-sudut divergen-konvergen

yang berbeda akan diuji dalam analisis dinamika fluida komputasi. Kombinasi sudut dengan tekanan delta minimum (tekanan saluran keluar tekanan masuk) akan dipilih untuk desain akhir.



Gambar 2 20 Kondisi udara pada nozzle

Sumber: <https://instrumentationtools.com/what-is-a-differential-pressure-flow-meter/>

#### 2.4.6 Teori Helmholtz

Teori Helmholtz membahas fakta bahwa suatu mesin pembakaran dalam menciptakan gelombang tekanan itu menyebar di sistem intake mesin. Udara kompresibilitas dapat dikaitkan dengan gaya pegas memperkenalkan resonansi di intake manifold sebagai perambatan gelombang terjadi. Silinder tunggal dan gelombang tekanan ini memantul bolak-balik pada runner saat katup ditutup dan katup terbuka. Itu ditarik kedalam mesin. Ini memantulkan gelombang tekanan udara dan kedatangan yang tepat waktu dikatup masuk menciptakan bentuk akustik pengisian super. Untuk membuat pengisian daya super ini, semua variable geometris intake manifold haruslah selaras sehingga gelombang tekanan tiba di katup intake pada waktu yang tepat.



### **BAB III**

### **AKTIFITAS MAGANG INDUSTRI**

#### **3.1 Relisasi Kegiatan Magang Industri.**

Kegiatan magang industri yang dilakukan yaitu proses pembuatan mobil Formula Nogogeni generasi 1, yang dimana pada magang industri yang kami lakukan yaitu membuat bagian part dari kendaraan Formula Nogogeni generasi 1 dibagi sesuai dengan divisi yang dinaungi. Divisi yang saya naungi adalah Engine and Drivetrain, dimana jobdesknya meliputi pengerjaan Intake System, Exhaust System, Cooling System, Perlakuan dan Optimasi pada Engine dan Pengerjaan Drivetrain. Pada laporan ini, hanya akan dibahas lebih detail mengenai pembuatan Intake System pada mobil Formula Nogogeni ITS Team.

##### **3.1.1 Tabel Timeline Pengerjaan Selama Magang Industri**

Tabel 3 1 Timeline Pengerjaan Intake System

Minggu ke	Tanggal	Aktifitas	Pencapaian Tugas
1.	10-16 Agustus 2020	Mempelajari regulasi dari pembuatan Intake System	
2.	17-23 Agustus	Mempelajari sistem kerja intake system	
3.	24-30 Agustus	Mencari referensi dari team yang telah mengikuti FSAE	
4.	31-3 Agustus-September	Mencari Rekomendasi Komponen utama pada Intake System	
5.	4-10 September	Mencari referensi tentang Restrictor, Plenum, dan Intake Runner.	

6.	11-15 September	Mencari referensi untuk perhitungan dan <i>flow simulation</i> .	
7.	16-20 September	Mencari referensi tentang material-material yang akan digunakan	
8.	21-26 September- Oktober	Meeting design dengan divisi lainnya.	
9.	27-1 Oktober	Revisi design untuk pengoptimalan kinerja intake system.	
10.	2-7 Oktober	Belajar Ansys Fluent.	
11	8-15 Oktober	Simulasi dan Analisa aliran udara tahap 1.	
12.	16-20 Oktober -Nopember	Meeting hasil Analisa aliran udara intake system dengan divisi engine dan team captain.	
13.	21-30 Nopember	Melakukan pengoptimalan desain restrictor.	
14.	1-7 Nopember	Simulasi dan Analisa aliran udara tahap 2.	
15.	8-10 Nopember	Meeting hasil Analisa aliran udara intake system dengan divisi engine dan team captain.	
16.	11-20 Nopember	Membuat pre process untuk manufaktur mold plenum pada software Mastercam.	

17.	21-5 Nopember- Desember	Melakukan proses machining mold plenum menggunakan CNC Router.	
18	6-10 Desember	Melakukan proses pelapisan hasil machining mold plenum dengan dempul.	

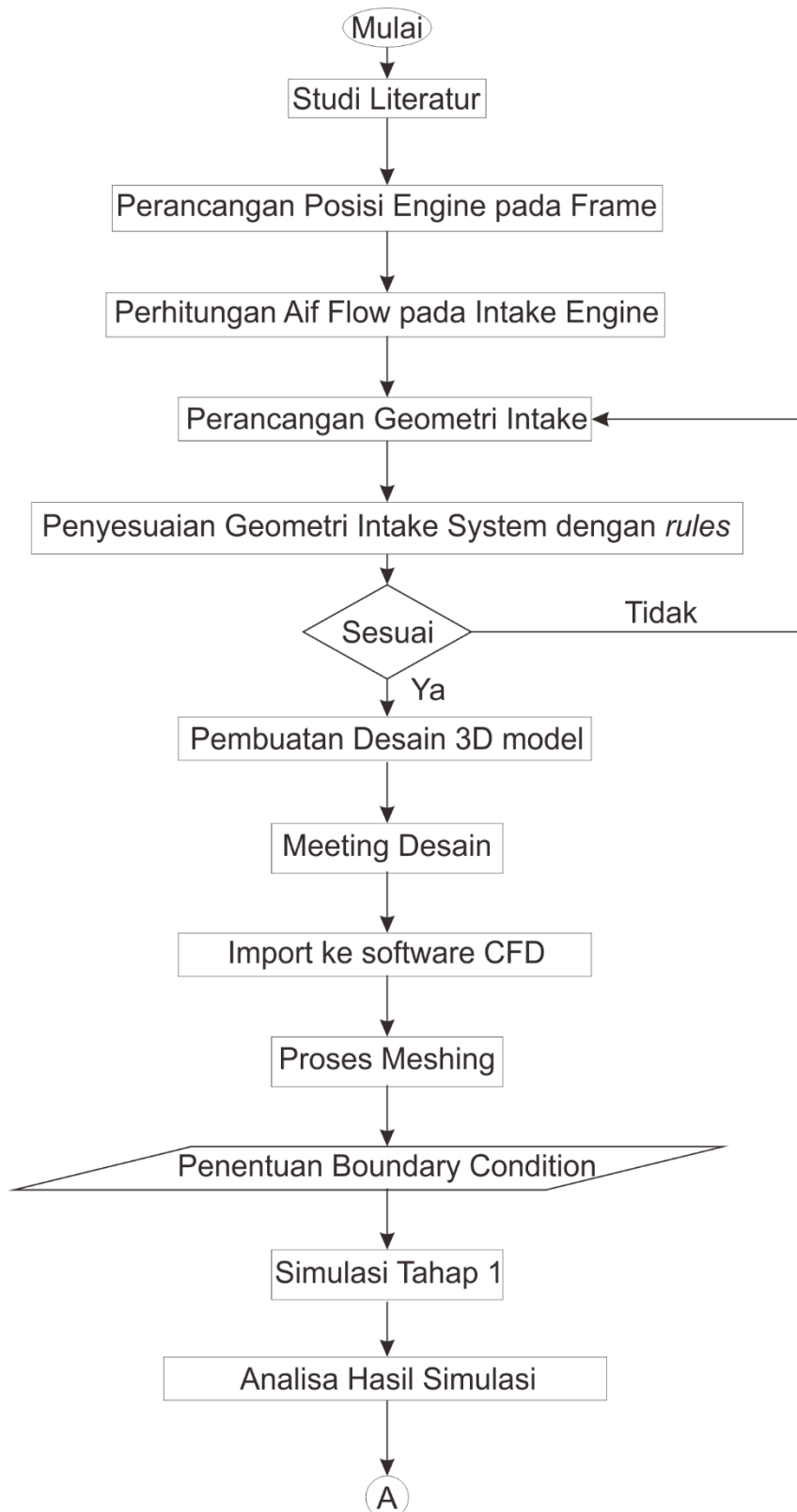
### **3.1.2. Penjelasan Singkat dari Timeline Pengerjaan**

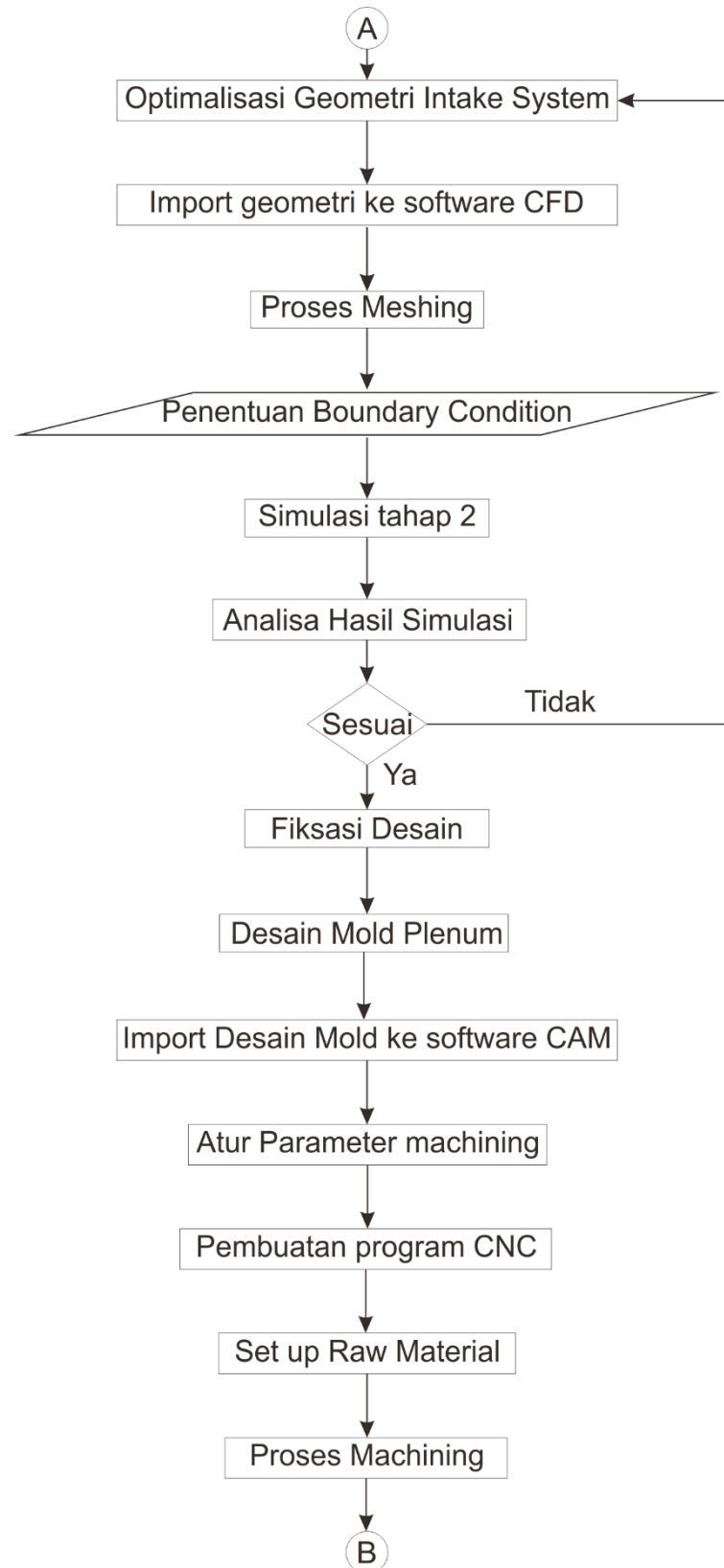
Pada table diatas pengerjaan magang yang dilakukan di departemen Teknik mesin industri yang bekerja sama dengan PT. LIQUIMOLY peserta magang mengerjakan tugasnya masing masing sesuai dengan divisi yang di naungi oleh peserta. Desain Intake System ini yang nantinya akan dipergunakan oleh tim Nogogeni dalam pembuatan mobil Formula Student untuk menunjang performa engine pada mobil tersebut.

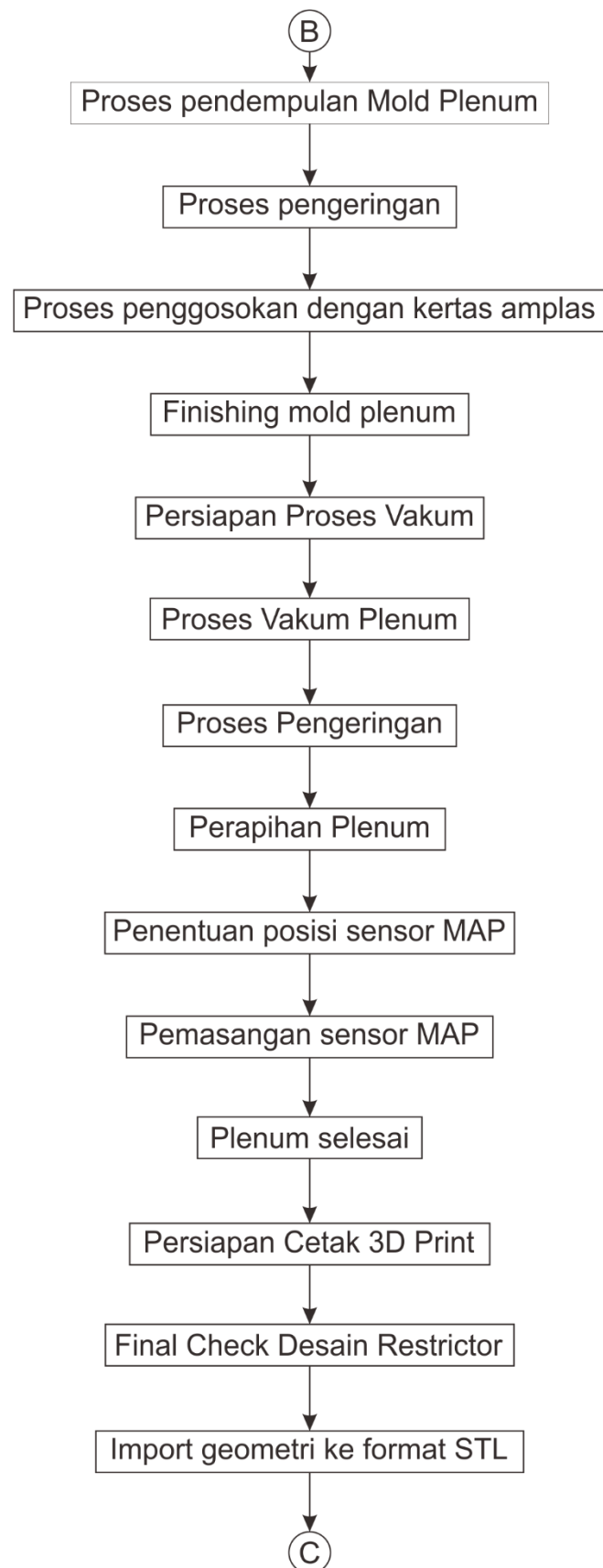
## **3.2 Rapid Prototype.**

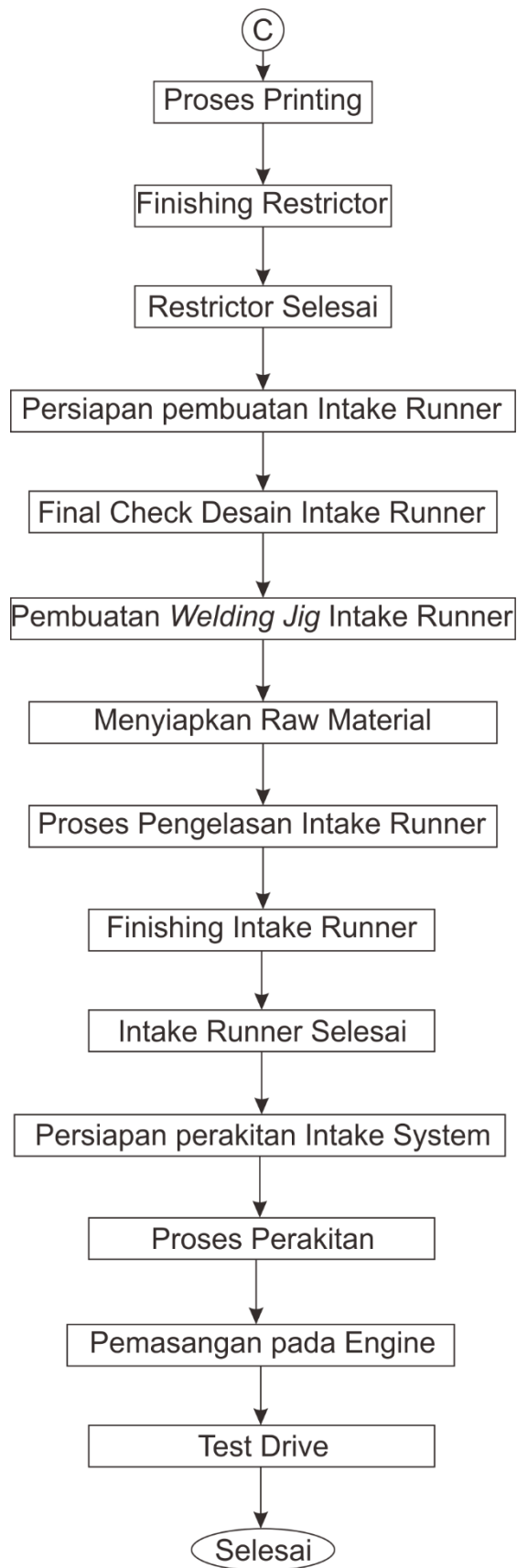
Pada rapid prototype ini menjelaskan alur proses pengerjaan secara keseluruhan dari pembuatan Intake System mobil Formula Nogogeni ITS Team. Tujuan dari rapid prototype ini adalah agar pembaca mengetahui proses pembuatan Intake System dan bisa menggunakan metode ini untuk mengembangkan atau meriset lebih lanjut.

### 3.2.1 Diagram Alir Pengerjaan









### 3.2.2 Desain Parameter

Dalam membuat suatu desain, sebelumnya harus menentukan parameter desain. Parameter desain adalah sebuah batasan batasan desain agar yang kita desain tepat sasaran sesuai dengan regulasi yang mengacu pada FSAE – A. Sehingga mobil yang kita dapat lolos teknikal inspeksi dan dapat bermanuver sesuai dengan yang kami inginkan.

#### 3.2.2.1 Spesifikasi Engine yang digunakan.

Engine yang digunakan pada mobil Formula Student Nogogeni ITS Team ialah Hussaberg FE 450 yang memiliki spesifikasi sebagai berikut.

Tabel 3 2 Spesifikasi Engine Husaberg FE 450 2011

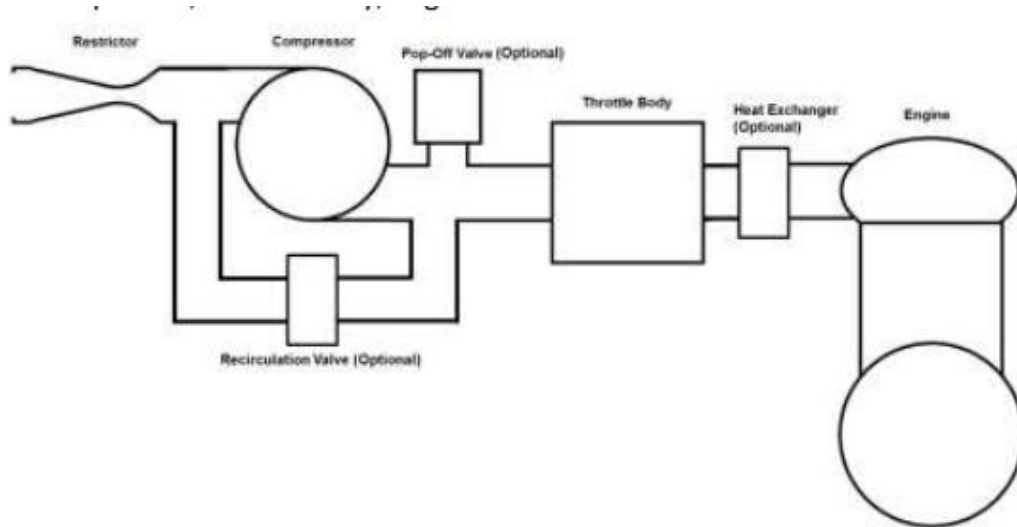
Displacement	449.0 ccm
Engine Type	Single Cylinder, Four Stroke.
Power	47.8 HP
Torque	48 Nm
Top Speed	172 Km/h
Fuel Type	RON 98
Compression	11.8 : 1
Bore x Stroke	96.0 x 63.5 mm
Valve per Cylinder	4
Fuel System	Injection
Fuel Control	Overhead Cams (OHC)
Cooling System	Liquid



Gearbox	6 Speed
Final drive	Chain
Clutch	Wet Multi disc clutch, operated hydraulically

### 3.2.2.2 Regulasi dan Batasan pada Intake System.

Pada pembuatan mobil Formula Student Nogogeni ITS Team hal pertama yang harus diperhatikan ialah menyesuaikan mobil tersebut dengan regulasi atau peraturan yang dibuat oleh pihak SAE. Terdapat beberapa regulasi terkait dengan Intake System.



Gambar 3. 1 Regulasi Intake System.

*Sumber: Formula SAE Rules*

Gambar diatas merupakan susunan untuk Intake System pada mobil Formula Student, sehingga komponen-komponen Intake System mobil Formula Student Nogogeni ITS menyesuaikan dengan susunan regulasi tersebut dimana diawali dengan Air Filter kemudian diteruskan ke Throttle Body kemudian diteruskan ke Restrictor kemudian diteruskan

ke Plenum dan terakhir sebelum ke Engine harus melalui Intake Runner/Injector Holder.

### 3.2.3 Perhitungan Geometri Intake System.

Pada Proses ini dijelaskan bagaimana langkah-langkah perhitungan yang dilakukan pada Intake System.

#### 3.2.3.1 Perhitungan aliran udara pada Engine.

Untuk menghitung mass flow rate, kita memerlukan untuk melakukan perhitungan CFM (Cubic Feet per Minute).

$$CFM = \frac{RPM \times Displacement}{3456}$$

$$CFM = 79,28 \text{ CFM}$$

Kecepatan maksimum pada piston,

$$V_p = \left[ \frac{S}{2} \sin \sin (\theta) + \frac{\left[ \frac{S}{2} \right]^2 \sin \sin \theta \cos \cos \theta}{\sqrt{L^2 - \left[ \frac{S}{2} \right]^2 \theta}} \right] \omega$$

$$V_p = 39,67 \text{ m/s}$$

Volumetris Flow Rate,

$$Q = AV$$

$$Q = 0,28714 \text{ m}^3/\text{s}$$

Perhitungan Flow rate pada port intake pada engine,

$$(V_p \max)(A_p) = (V_{ip})(A_{ip})$$

$$V_{ip} = 158,68 \text{ m/s}$$

Keterangan,

B = Bore (m)

S = Stroke (m)

$L$  = Rod Length (m)

$\theta$  = Crank Angle (rad)

$\omega$  = Engine Speed (rad/sec)

$V_p$  = Kecepatan Piston (m/s)

$A$  = Area ( $m^2$ ) =  $\pi * B^2/4$

Initial Conditions,

$\rho = 1.225$ ; Massa jenis udara pada keadaan standar ( $kg/m^3$ )

$\gamma = 1,4$ ; Rasio Spesifik gas dalam kalor ekspansi Isentropik.

$S = 0,0635$ ; Stroke (m)

$B = 0,096$ ; Bore (m)

$L = 0,119$ ; Panjang Connecting Rod (m)

$D_{ip} = 0,048$ ; Diameter Lubang Intake (m)

$\omega = (10000/60) * 2 * \pi$ ; Kecepatan Maksimum pada Engine (rad/s)

$\theta = 0:360$ ; Crank Angle (Derajat)

$A_p = (\pi * B^2)/4$ ; Luas Area Piston bagian atas ( $m^2$ ).

$A_{ip} = (\pi * D_{ip}^2)/4$ ; Luas Area Lubang Intake ( $m^2$ )

$V_p \text{ max} = 39,67$  m/s; Kecepatan maksimum gerak piston

### **3.2.4 Desain Terapan.**

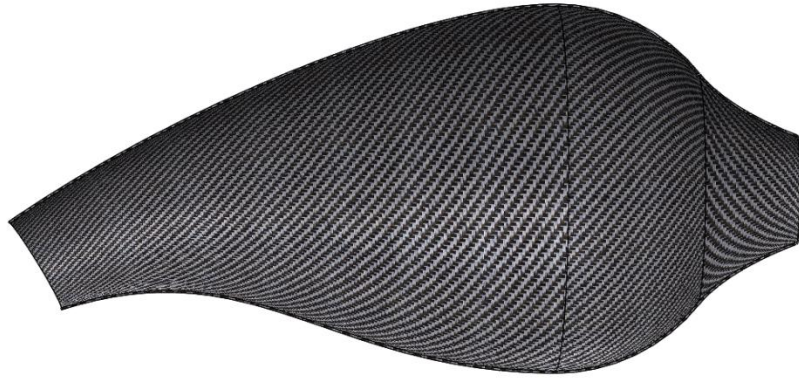
Desain Restrictor yang berada setelah throttle body belum memenuhi halaman literatur sebelumnya. Tapi seharusnya begitu, tidak dapat disimpulkan bahwa topik ini tidak memiliki seignifikasi yang nyata. Ada sebuah manfaat

yang cukup besar dalam laju aliran massa dengan perubahan sudut konvergen dan divergen pada restrictor.

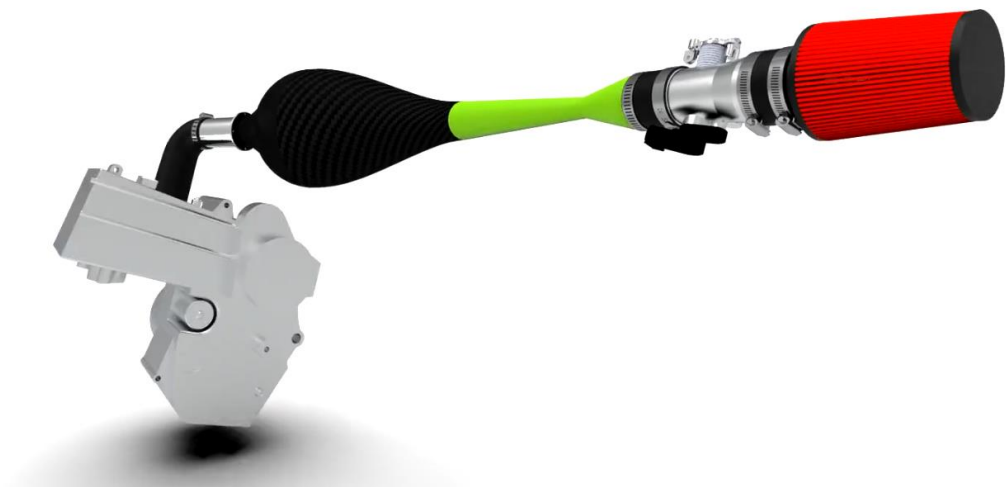
Kita memiliki 2 buah pilihan untuk membatasi aliran udara dengan konstruksi berdiameter 20 mm yang pertama ialah dengan membuatnya menjadi model orifice dan yang kedua ialah dengan membuatnya menjadi model konvergen dan divergen nozzle.

Dari table pada halaman ... konstruksi konvergen dan divergen merupakan sebuah pilihan yang tepat dan memiliki tingkat efisiensi yang tinggi. Karena sudah ditetapkan menggunakan konstruksi konvergen dan divergen nozzle maka tahap selanjutnya ialah menyesuaikan dengan regulasi atau peraturan yaitu memiliki diameter pembatas sebesar 20 mm. Dengan beberapa perhitungan sederhana untuk throttle body untuk engine yang berkapasitas 450cc dan memiliki displacement sebesar 10000 rpm, ditentukan diameter throttle body sebesar 44 mm, diameter ini akan digunakan pada diameter inlet pada restrictor.

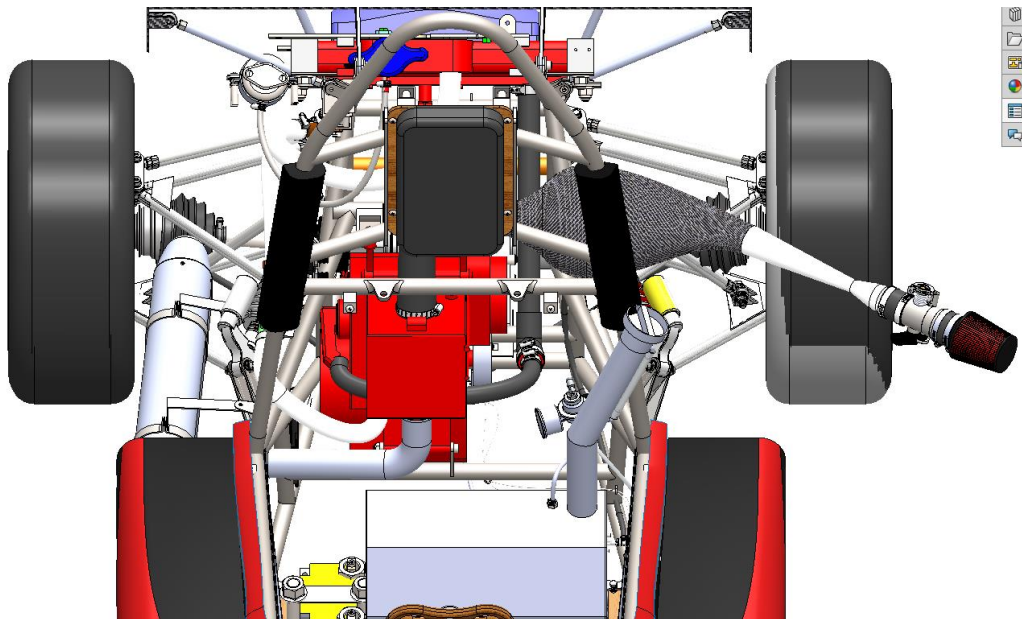
Aliran melalui banyak pembatas sistem asupan potensial diselidiki oleh Nogogeni ITS Team menggunakan software ANSYS Fluent sebagai bagian dari studi akademis. Diameter di tenggorokan setiap pembatas dipegang pada 0,787 inci (20,0 mm) sedangkan diameter inlet dan outlet serta geometri dinding diubah. Setiap iterasi terdiri dari pembuatan model, menentukan kondisi batas, dan penyelesaian persamaan gerak untuk tekanan dan kecepatan. Geometri masing-masing model kemudian diubah dan proses diulang sampai ditemukan geometri yang menampilkan karakteristik aliran yang optimal. Dampak dari ukuran mesh pada solusi dipelajari untuk memastikan solusi mesh independen. Pembatas pada dasarnya adalah nosel konvergen-divergen.



Gambar 3. 2 Geometri Plenum



Gambar 3. 3 Perakitan Intake System pada Engine



Gambar 3. 4 Posisi Engine dan Intake System pada mobil Formula Student Nogogeni ITS Team

### 3.2.5 Mengidentifikasi konstanta dan variabel Intake System.

Untuk mengetahui parameter mana yang diketahui dan tidak diketahui penting untuk menghitung kondisi aliran aktual di dalam dan di luar pembatas. Parameter ini memberikan dasar yang kuat untuk kondisi batas yang akan digunakan dalam analisis CFD. Selanjutnya di atas kami memiliki dua dimensi yang tetap, jadi kami memiliki dua dimensi di mana venturi akan melakukan dan ini adalah menyatukan sudut divergen dan panjang venturi. Jadi kami telah mendefinisikan dua yang diketahui dan dua yang tidak diketahui parameter fisik untuk desain venturi. Kami juga tahu itu suhu di saluran masuk ambient dan tekanan di saluran masuk adalah atmosfer. Untuk kondisi batas di outlet venturi kami dapat memiliki tekanan, kecepatan atau laju aliran massa. Menghitung tekanan dan kecepatan di outlet venturi melibatkan prosedur yang kompleks dan dengan demikian menimbulkan beberapa masalah. Laju aliran massa di outlet dapat dengan mudah dihitung dengan menggunakan persamaan aliran tersedak.



## Compressible Mass Flow Rate

Glenn  
Research  
Center

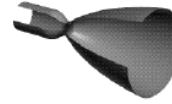
A = Area    r = Density    V = Velocity    R = Gas Constant  
 M = Mach    T = Temperature    p = Pressure     $\gamma$  = Specific Heat Ratio  
 t denotes total conditions

Mass Flow Rate:

$$\dot{m} = r V A$$

For an ideal compressible gas :

$$\dot{m} = \frac{A p_t}{\sqrt{T_t}} \sqrt{\frac{\gamma}{R}} M \left( 1 + \frac{\gamma-1}{2} M^2 \right)^{-\frac{\gamma+1}{2(\gamma-1)}}$$



At the throat, the area is a minimum and  $M=1.0$ .

For  $M=1.0$  (Air)     $\dot{m} = .532 \frac{A p_t}{\sqrt{T_t}} \text{ lbs/sec}$     A in ft<sup>2</sup>, p in psf, T in Rankine

Gambar 3. 5 Perhitungan Mass Flow Rate

Ini adalah syarat batas kedua yang akan diterapkan dipintu keluar venturi. Dengan demikian kita siap semua yang kita ketahui dan parameter yang tidak diketahui untuk melanjutkan penghitungan.

### 3.2.6 Analisis CFD

Paket perangkat lunak yang sangat sesuai seperti Ansys Fluent dan Solidworks secara bersamaan digunakan untuk memverifikasi dan memeriksa hasil untuk simulasi CFD. Bantuan perangkat lunak ini dalam optimalisasi pembatas untuk mencapai massa semaksimal mungkin laju aliran pada tarikan minimum dari mesin. Perangkat lunak utama yang digunakan adalah ANSYS Fluent. Saat perform Analisis CFD berbeda sudut konvergen dan divergen dipertimbangkan dan dengan jumlah iterasi itu dicoba untuk mencapai penurunan tekanan minimum penyempitan.

### 3.2.7 Manufaktur Intake System

Manufaktur juga merupakan langkah penting untuk memberikan hasil sebagai per simulasi. Cacat produksi bisa jadi tidak tepat sudut nosel konvergen dan divergen, permukaan kasar dan dimensi yang tidak akurat. Manufaktur untuk restrictor terdapat 2 pilihan yaitu Pembentukan Logam (Sheet Metal) dan Rapid Prototyping seperti 3D print dan CNC, sedangkan untuk manufaktur Plenum menggunakan proses vakum karena

menggunakan material komposit, dan geometri Plenum lebih kompleks dibandingkan dengan Restrictor dan Runner, sehingga harus menggunakan proses vakum dan untuk tahap sampai ke proses vakum diperlukan beberapa tahap sebelumnya ialah pembuatan mold menggunakan CNC Router. Dengan menggunakan mesin CNC Router ini sangat membantu untuk manufaktur geometri yang kompleks.



## **BAB IV**

### **HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Hasil Analisa CFD**

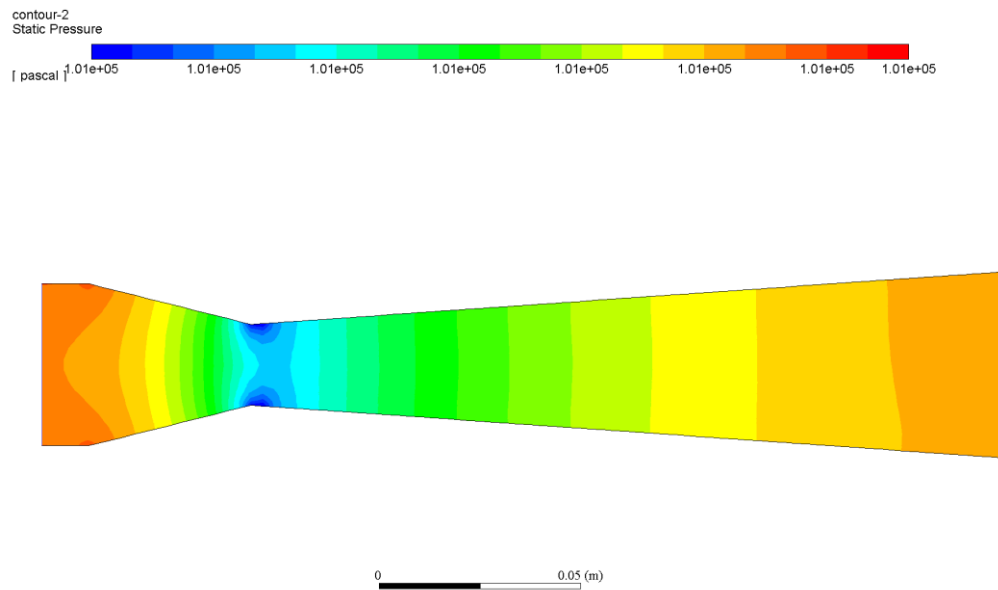
Dari desain Intake System yang telah dirancang dari berbagai referensi literatur dan mengalami berbagai revisi. Akhirnya kami mendapatkan hasil analisa CFD untuk Intake System mobil Formula Nogogeni ITS Team.

Setelah kami menemukan semua data yang kami miliki untuk memecahkan masalah kami, sekarang kita bergerak mempelajari masalah dan mencari tahu dimensi venturi yang akan memberi kita penurunan tekanan minimum di venturi. Jadi untuk melakukan studi kita telah mulai dengan asumsi beberapa dimensi divergen dan sudut konvergen dengan pengetahuan dasar tentang fungsi venturi. Pemodelan CAD dilakukan menggunakan Solidworks 2014 lalu dianalisis dalam Simulasi Aliran untuk kondisi batas berikut:

Inlet : Tekanan Total = 101325 Pa  
Outlet : Laju aliran massa = 0,35175 kg/s

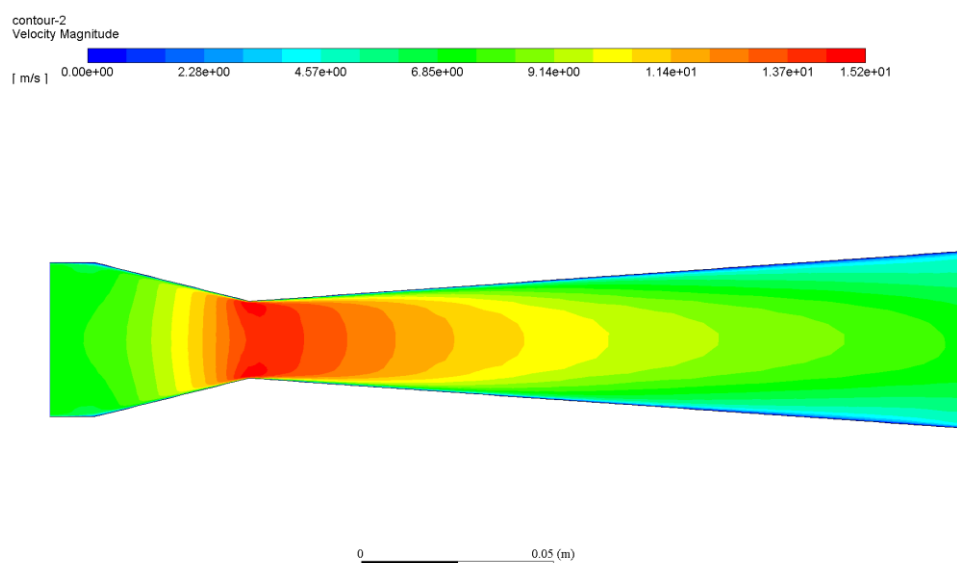
Tabel 4 1 Iterasi Simulasi CFD

Iterasi	Sudut Konvergen (derajat)	Sudut Divergen (derajat)	Perbedaan Pressure (Pa)
1	14	4	155



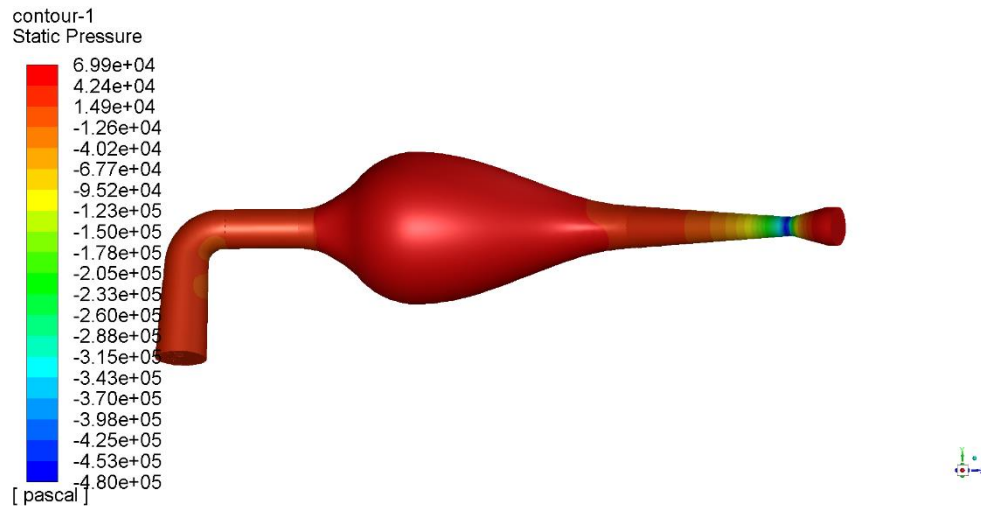
Gambar 4. 1 Kontur Tekanan pada Restrictor

Pada gambar diatas ditampilkan kontur tekanan yang terjadi pada restrictor mobil Formula Nogogeni ITS Team, dihasilkan pressure drop pada restrictor sebesar 101166,5 Pa, ini dikarenakan pengecilan diameter yang terjadi sehingga ini akan menghambat aliran udara yang masuk ke engine, tetapi hal ini dapat diantisipasi dengan adanya sudut konvergen dan divergen yang terdapat pada restrictor, dan Panjang restrictor ini akan berpengaruh terhadap laju udara atau kecepatan udara yang masuk ke dalam restrictor seperti gambar dibawah ini.



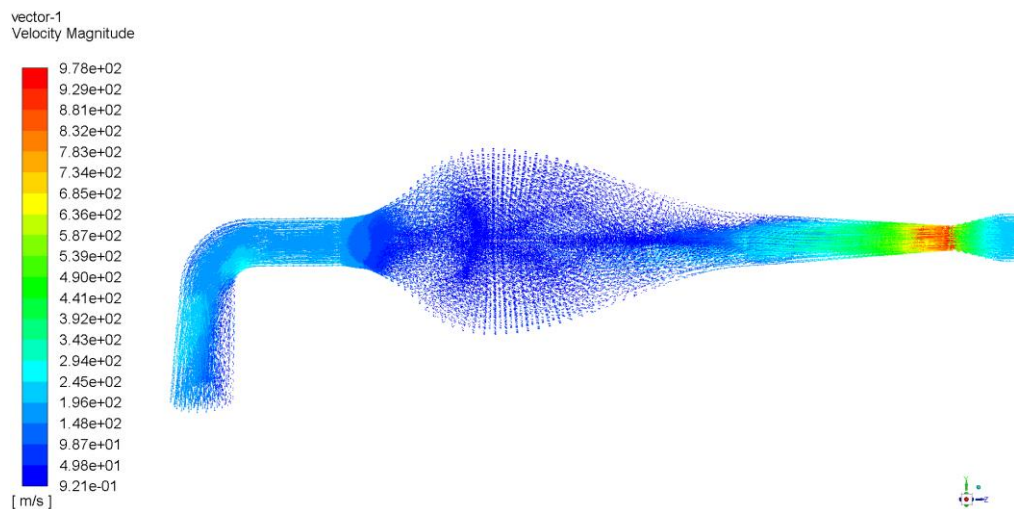
Gambar 4. 2 Kontur Kecepatan pada Restrictor

Dapat dilihat terjadi peningkatan kecepatan udara yang terjadi pada restrictor dan terdapat perlambatan pada restrictor tepatnya setelah inti restrictor karena gesekan dengan dinding restrictor.



Gambar 4. 3 Kontur Tekanan pada Intake System Formula Student Nogogeni ITS Team

Sekarang analisis yang dijalankan pada model untuk mendapatkan hasil yang diinginkan. Simulasi aliran pekerjaan padat digunakan untuk melakukan simulasi aliran.



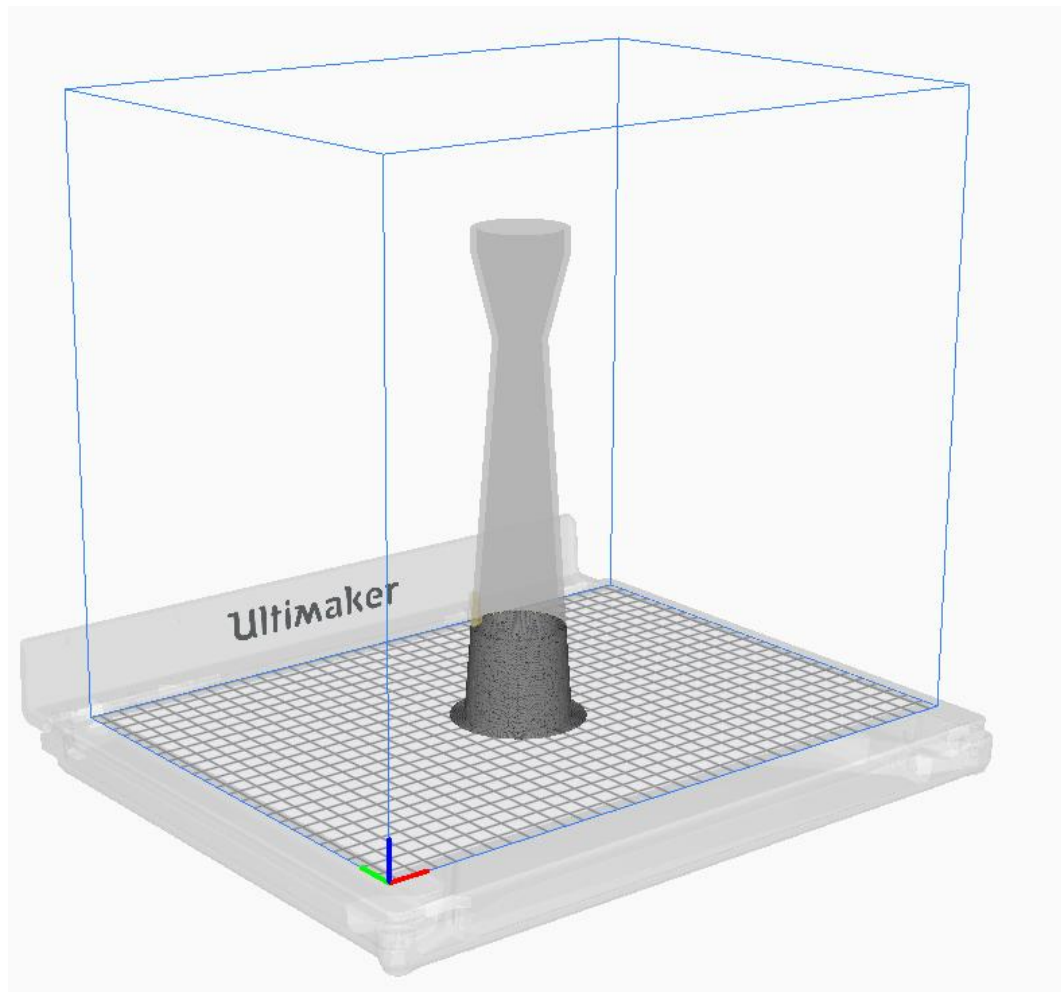
Gambar 4. 4 Vektor Kecepatan pada Intake System Formula Student Nogogeni ITS Team

Dari ketiga hasil di atas kami menyimpulkan variasi tekanan, kecepatan. Kami memiliki beberapa penurunan tekanan di seluruh model yang diperlukan. Perbedaan tekanan yang diperlukan untuk aliran udara. Kepadatan juga dipertahankan di seluruh geometri

## **4.2 Manufaktur Rapid Prototype**

### **4.2.1 Manufaktur Restrictor**

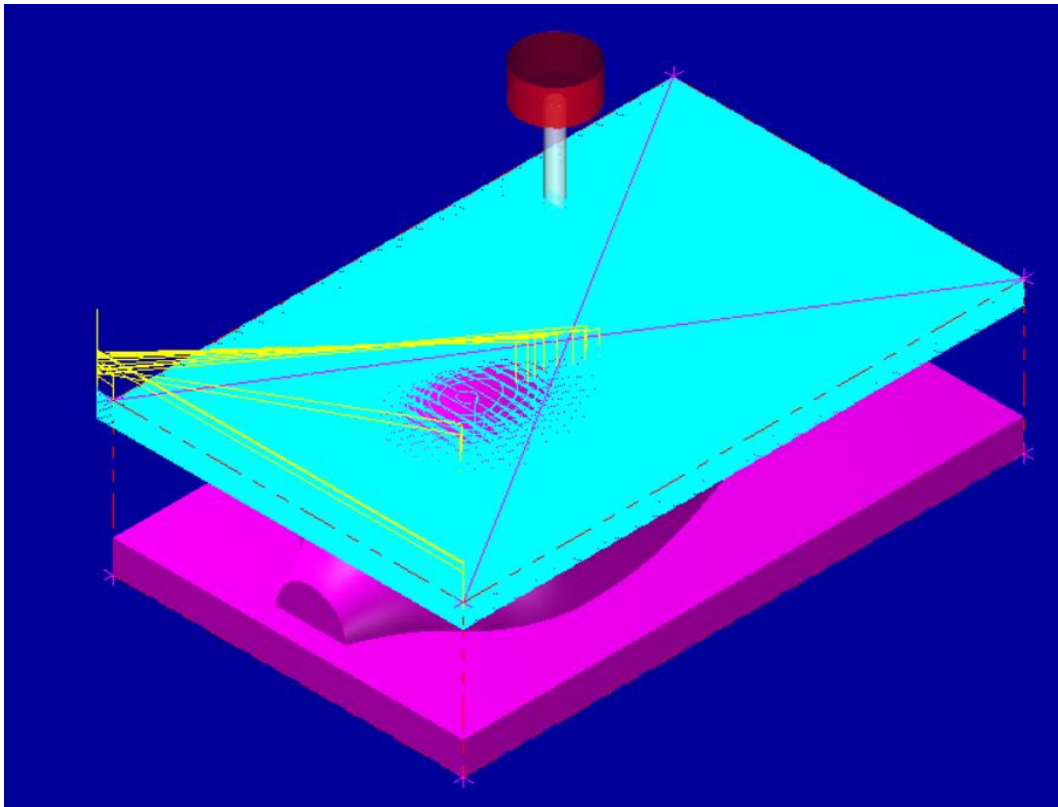
Pembuatan prototipe cepat adalah sekelompok teknik yang digunakan untuk membuat dengan cepat model skala bagian fisik atau perakitan menggunakan tiga dimensi desain. Konstruksi part atau perakitan biasanya dilakukan dengan menggunakan 3D pencetakan atau teknologi manufaktur lapisan aditif. Asupan akan menjadi prototipe cepat yang dicetak dari Polyphenylsulfone (PPSF- lembar spesifikasi bahan tersedia dalam lampiran) yang memiliki nilai tertinggi panas dan ketahanan kimiawi dari teknologi RPT berbasis polimer tersedia. Pleno sekarang juga dibagi menjadi dua bagian untuk manufakturabilitas. Karena sifat dari teknologi prototipe yang cepat, rongga di dalamnya perlu dibuat dapat diakses untuk membersihkan bahan cetakan yang pecah.



Gambar 4. 5 Proses 3D Print (Rapid Prototype) Restrictor

#### **4.2.2 Manufaktur Plenum.**

Manufaktur menggunakan CNC merupakan salah satu teknologi untuk mempermudah pengerjaan suatu benda kerja. Salah satu komponen yang pengerjaannya menggunakan mesin CNC Router yaitu manufaktur Plenum. Pada bab sebelumnya dijelaskan bahwa plenum merupakan geometri yang kompleks.



Gambar 4. 6 Pre-Process manufaktur mold Plenum

#### 4.2.3 Manufaktur Intake Runner.

Intake Runner Nogogeni ITS Team terbuat dari material Aluminium alloy yang berbentuk pipa dan untuk bagian Injector Holder terbuat dari aluminium berdiameter 10mm dan disambung menggunakan pengelasan GTAW.

#### 4.2.4 Perakitan

Bagian atas dan bagian bawah plenum disatukan menggunakan bahan adhesive. Selain itu akan disisipkan kedalam plenum beberapa logam yang akan disambungkan pada bagian bawah plenum dan sekrup tutup soket kepala memperkuat plenum bagian atas ke bagian bawah untuk memastikan tekanan tidak memburuk atau menarik ikatan melalui pembebanan berulang. Selanjutnya, pada bagian atas manifold diatambahkan 2 bung untuk mendukung sensor suhu udara masuk yang diteruskan ke sensor MAP. Runner memiliki bung untuk mendukung injektor bahan bakar dan plenum bagian

bawah menampung tunggangan untuk rel bahan bakar. Badan Throttle dipasang ke Filter udara menggunakan klem.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Dari Analisa hasil simulasi didapatkan geometri restrictor yang optimal untuk kerja engine dengan sudut divergen  $4^0$  dan sudut konvergen sebesar  $14^0$ . Dengan didapatkan sudut tersebut dari hasil simulasi mendapatkan pressure loss yang kecil sehingga hambatan udara yang terjadi semakin berkurang.
2. Plenum yang digunakan oleh Nogogeni ITS Team memiliki kapasitas sebesar 3,5 L. Hal ini sesuai untuk memasok kebutuhan udara pada engine.
3. Manufaktur yang digunakan untuk pembuatan Intake System merupakan manufaktur yang memiliki tingkat efisiensi tinggi baik dari segi waktu dan kualitas dengan menggunakan teknologi 3D Print dan CNC Router.

#### **5.2 Saran**

Dari beberapa data dan kesimpulan diatas, penulis memiliki saran terhadap tim Nogogeni ITS untuk keberlanjutan riset kedepannya mengenai Intake System, antar lain:

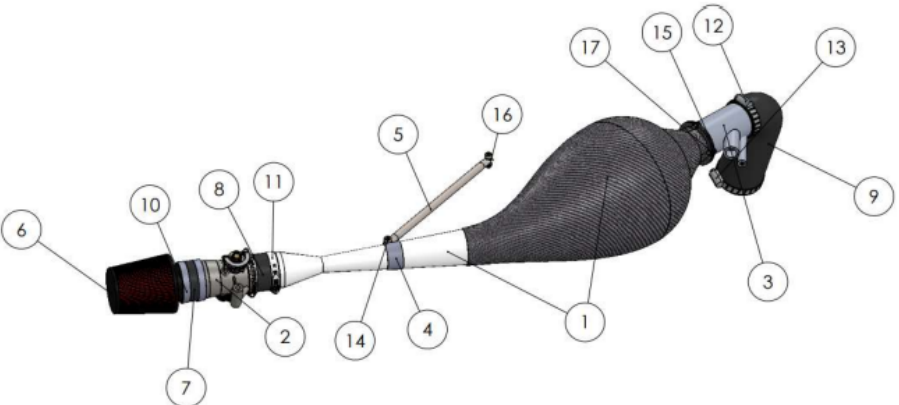
1. Dari data simulasi yang dilakukan terhadap restrictor perlu banyak percobaan mengenai pengaruh sudut konvergen dan divergen.
2. Setelah melakukan test drive, data yang diambil tentang Intake System sebaiknya diolah kembali khususnya tentang perhitungan runner, karena akan sangat berpengaruh terhadap laju aliran massa bahan bakar.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Case, Dean, “*History of Formula SAE*”, 1996, [Online]. Tersedia: <https://www.fsaeonline.com/page.aspx?pageid=c4c5195a-60c0-46aa-acbf-2958ef545b72> [Diakses: 28 Desember 2020]
- [2] Shobhit Agarwal, Prashant Awasthi, Tarun Saatyaki, Mukul Kushwaha, Vishal Jaiswal, *Design & Analysis of Spaceframe Chassis for FSAE Vehicle*, 2020
- [3] Julian Wisnu Wirawan, Ubaidillah, Rama Aditra, Rafli Alnursyah, Rizki Abdul Rahman, and Sukmanji Indro Cahyono, *Design Analysis of Formula Student Race Car Suspension System*, 2018
- [4] Paisal, Yuspian Gunawan, dan Samhuddin, *Analisa Perbedaan Ratio Sproket Pada Sistem Transmisi Rantai*, 2018
- [5] Ferly Diyanto, *Analisa Final Drive Planetary gear Wheel Loader XCMG ZL 50 GN*, 2015
- [6] Rahmat Hidayat, *Fungsi Sistem Kemudi dan Syaratnya*, 2017, [Online]. Tersedia: <https://www.kitapunya.net/fungsi-sistem-kemudi/> [Diakses, 28 Desember 2020]
- [7] Soliman Paulo, Schommer Adriano, Martins Mario, *Formula SAE Aerodynamics: Design process with focus on drivability*, 2015.
- PM Sawant, SS Sawant, PN Gurav, PS Nivalkar & Dr.SN Waghmare, *Analysis of Air Intake for Formula Student Race Car*, 2018.
- Prashant A Dhaware, Chetan V Sumbare, Chinmay S Sonawane, Abishek Rasane, Mahesh Take, *Design & Analysis for Intake System of Formula SAE Car*, 2018

## **LAMPIRAN**

	1	2	3	4	5	6	7	8																																																																																																																																																									
A									A																																																																																																																																																								
B									B																																																																																																																																																								
C									<table><tr><th colspan="8">Table</th></tr><tr><th>Number</th><th>Class</th><th>Item Order</th><th>Name</th><th>Use</th><th>Quantity</th><th colspan="2">Filelink</th></tr><tr><td>1</td><td>Part</td><td>20201</td><td>Intake Plenum and Restrictor</td><td></td><td>1</td><td colspan="2"></td></tr><tr><td>2</td><td>Part</td><td>20202</td><td>Throttle Body 23 mm</td><td></td><td>1</td><td colspan="2"></td></tr><tr><td>3</td><td>Part</td><td>20203</td><td>Intake Runner</td><td></td><td>1</td><td colspan="2"></td></tr><tr><td>4</td><td>Part</td><td>20204</td><td>Restrictor Bracket</td><td></td><td>1</td><td colspan="2"></td></tr><tr><td>5</td><td>Part</td><td>20205</td><td>Restrictor Rod</td><td></td><td>1</td><td colspan="2"></td></tr><tr><td>6</td><td>Material</td><td>A0202M01</td><td>Air Filter</td><td>Air Filter</td><td>1</td><td colspan="2"></td></tr><tr><td>7</td><td>Material</td><td>A0202M02</td><td>Hose, Silicone</td><td>Hose Connector</td><td>1</td><td colspan="2"></td></tr><tr><td>8</td><td>Material</td><td>A0202M03</td><td>Hose, Silicone</td><td>Hose Connector</td><td>1</td><td colspan="2"></td></tr><tr><td>9</td><td>Material</td><td>A0202M04</td><td>Hose, Silicone</td><td>Hose Connector</td><td>1</td><td colspan="2"></td></tr><tr><td>10</td><td>Fastener</td><td>A0202F01</td><td>Hose Clamp, Worm Drive</td><td>Hose Clamp</td><td>2</td><td colspan="2"></td></tr><tr><td>11</td><td>Fastener</td><td>A0202F02</td><td>Hose Clamp, Worm Drive</td><td>Hose Clamp</td><td>2</td><td colspan="2"></td></tr><tr><td>12</td><td>Fastener</td><td>A0202F03</td><td>Hose Clamp, Worm Drive</td><td>Hose Clamp</td><td>1</td><td colspan="2"></td></tr><tr><td>13</td><td>Fastener</td><td>A0202F04</td><td>Hose Clamp, Worm Drive</td><td>Hose Clamp</td><td>1</td><td colspan="2"></td></tr><tr><td>14</td><td>Fastener</td><td>A0202F05</td><td>Bolt, Grade 6.8 (SAE 3)</td><td>M6 Bolt 40</td><td>1</td><td colspan="2"></td></tr><tr><td>15</td><td>Fastener</td><td>A0202F06</td><td>Nut, Grade 6.8 (SAE 3)</td><td>Nut M8</td><td>4</td><td colspan="2"></td></tr><tr><td>16</td><td>Fastener</td><td>A0202F07</td><td>Bolt, Grade 6.8 (SAE 3)</td><td>M5 Bolt 15</td><td>1</td><td colspan="2"></td></tr><tr><td>17</td><td>Fastener</td><td>A0202F08</td><td>Bolt, Grade 6.8 (SAE 3)</td><td>M8 Bolt 60</td><td>4</td><td colspan="2"></td></tr></table>								Table								Number	Class	Item Order	Name	Use	Quantity	Filelink		1	Part	20201	Intake Plenum and Restrictor		1			2	Part	20202	Throttle Body 23 mm		1			3	Part	20203	Intake Runner		1			4	Part	20204	Restrictor Bracket		1			5	Part	20205	Restrictor Rod		1			6	Material	A0202M01	Air Filter	Air Filter	1			7	Material	A0202M02	Hose, Silicone	Hose Connector	1			8	Material	A0202M03	Hose, Silicone	Hose Connector	1			9	Material	A0202M04	Hose, Silicone	Hose Connector	1			10	Fastener	A0202F01	Hose Clamp, Worm Drive	Hose Clamp	2			11	Fastener	A0202F02	Hose Clamp, Worm Drive	Hose Clamp	2			12	Fastener	A0202F03	Hose Clamp, Worm Drive	Hose Clamp	1			13	Fastener	A0202F04	Hose Clamp, Worm Drive	Hose Clamp	1			14	Fastener	A0202F05	Bolt, Grade 6.8 (SAE 3)	M6 Bolt 40	1			15	Fastener	A0202F06	Nut, Grade 6.8 (SAE 3)	Nut M8	4			16	Fastener	A0202F07	Bolt, Grade 6.8 (SAE 3)	M5 Bolt 15	1			17
Table																																																																																																																																																																	
Number	Class	Item Order	Name	Use	Quantity	Filelink																																																																																																																																																											
1	Part	20201	Intake Plenum and Restrictor		1																																																																																																																																																												
2	Part	20202	Throttle Body 23 mm		1																																																																																																																																																												
3	Part	20203	Intake Runner		1																																																																																																																																																												
4	Part	20204	Restrictor Bracket		1																																																																																																																																																												
5	Part	20205	Restrictor Rod		1																																																																																																																																																												
6	Material	A0202M01	Air Filter	Air Filter	1																																																																																																																																																												
7	Material	A0202M02	Hose, Silicone	Hose Connector	1																																																																																																																																																												
8	Material	A0202M03	Hose, Silicone	Hose Connector	1																																																																																																																																																												
9	Material	A0202M04	Hose, Silicone	Hose Connector	1																																																																																																																																																												
10	Fastener	A0202F01	Hose Clamp, Worm Drive	Hose Clamp	2																																																																																																																																																												
11	Fastener	A0202F02	Hose Clamp, Worm Drive	Hose Clamp	2																																																																																																																																																												
12	Fastener	A0202F03	Hose Clamp, Worm Drive	Hose Clamp	1																																																																																																																																																												
13	Fastener	A0202F04	Hose Clamp, Worm Drive	Hose Clamp	1																																																																																																																																																												
14	Fastener	A0202F05	Bolt, Grade 6.8 (SAE 3)	M6 Bolt 40	1																																																																																																																																																												
15	Fastener	A0202F06	Nut, Grade 6.8 (SAE 3)	Nut M8	4																																																																																																																																																												
16	Fastener	A0202F07	Bolt, Grade 6.8 (SAE 3)	M5 Bolt 15	1																																																																																																																																																												
17	Fastener	A0202F08	Bolt, Grade 6.8 (SAE 3)	M8 Bolt 60	4																																																																																																																																																												
D									D																																																																																																																																																								
E	<div>Engine and Drivetrain</div> <div>Intake System</div> <div>A0202</div>								E																																																																																																																																																								
F									F																																																																																																																																																								
	1	2	3	4	5	6	7	8																																																																																																																																																									

A

B

C

D

E

F

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

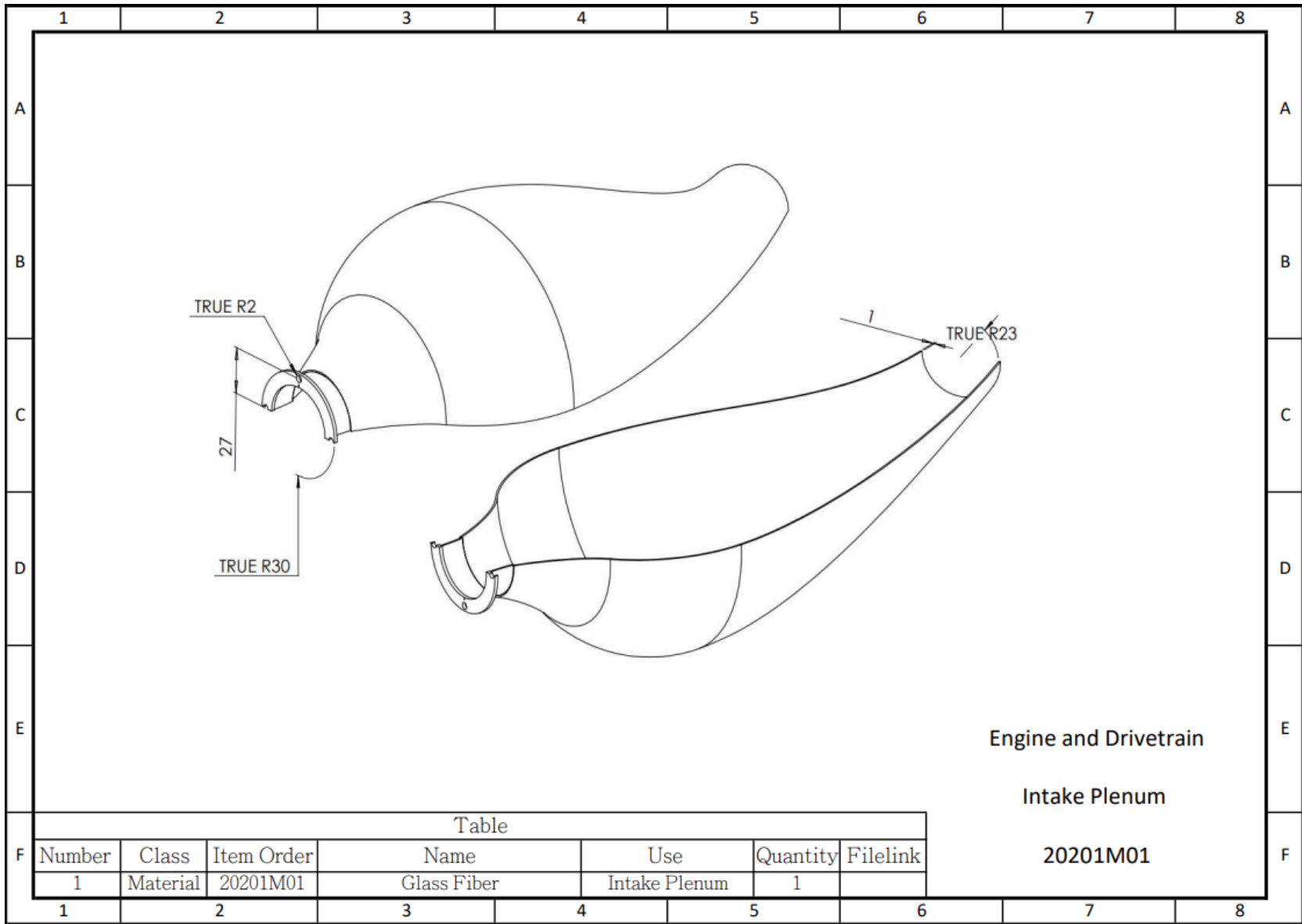
4

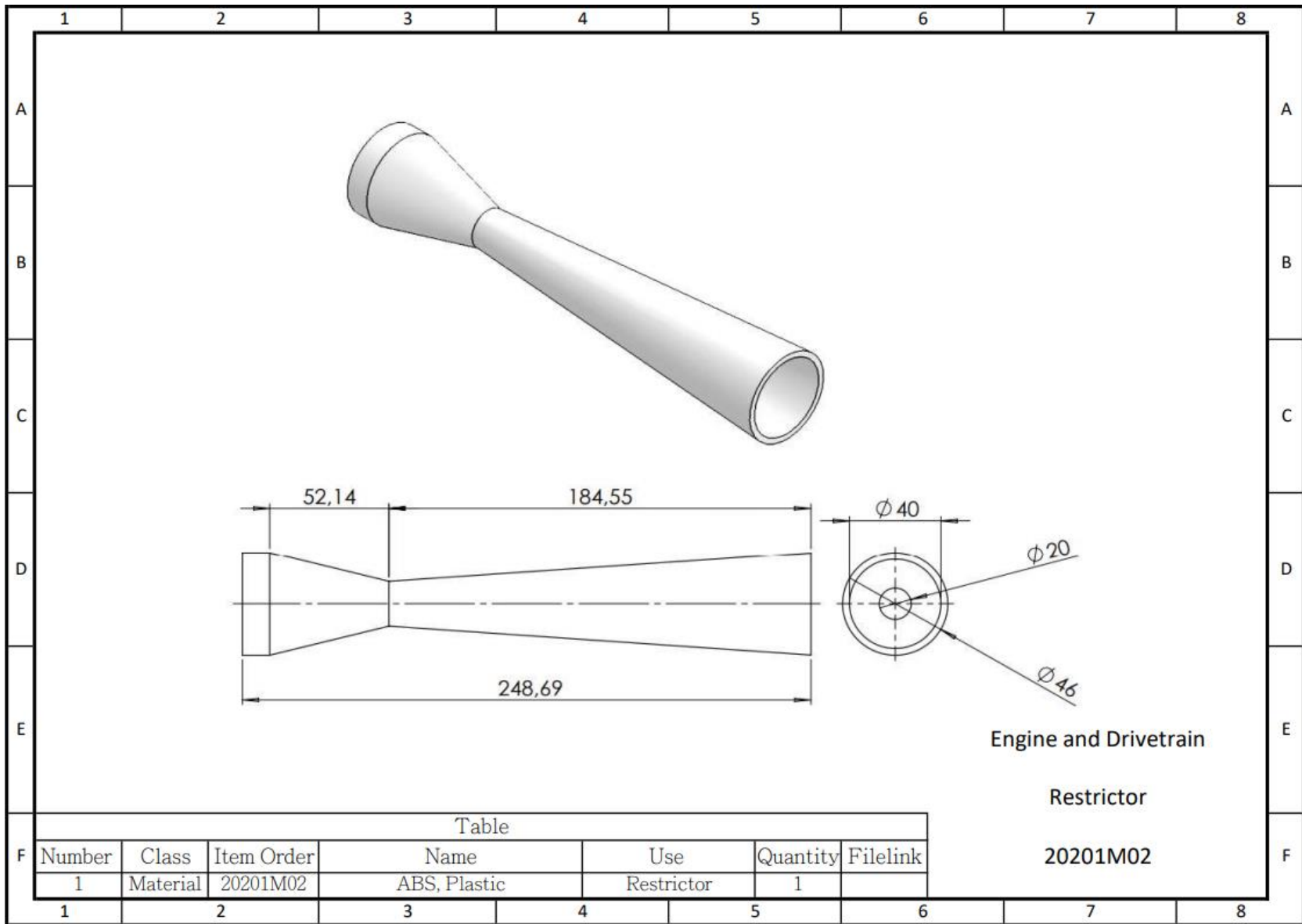
5

6

7

8





1

2

3

4

5

6

7

8

A

B

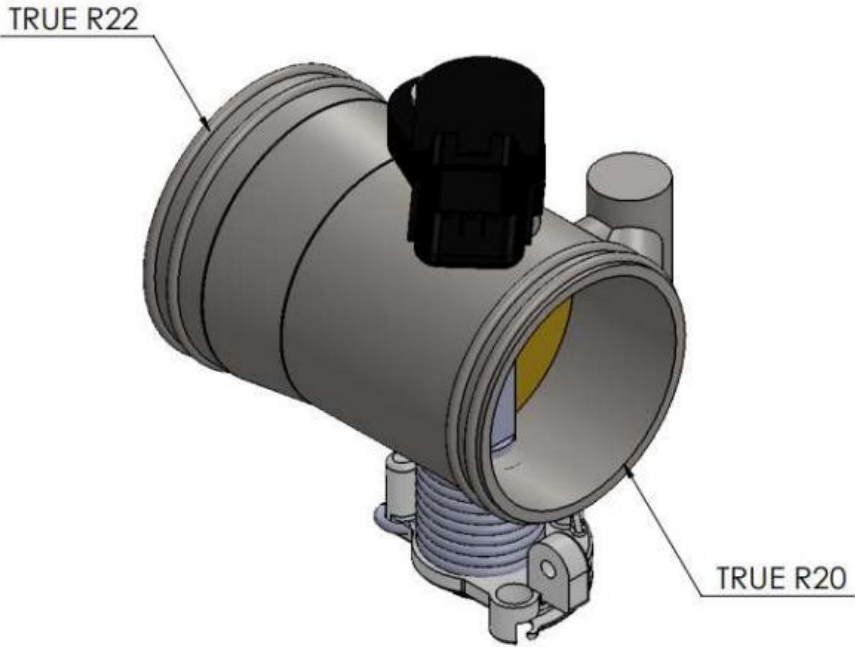
C

D

E

F

TRUE R22




TRUE R20

Engine and Drivetrain

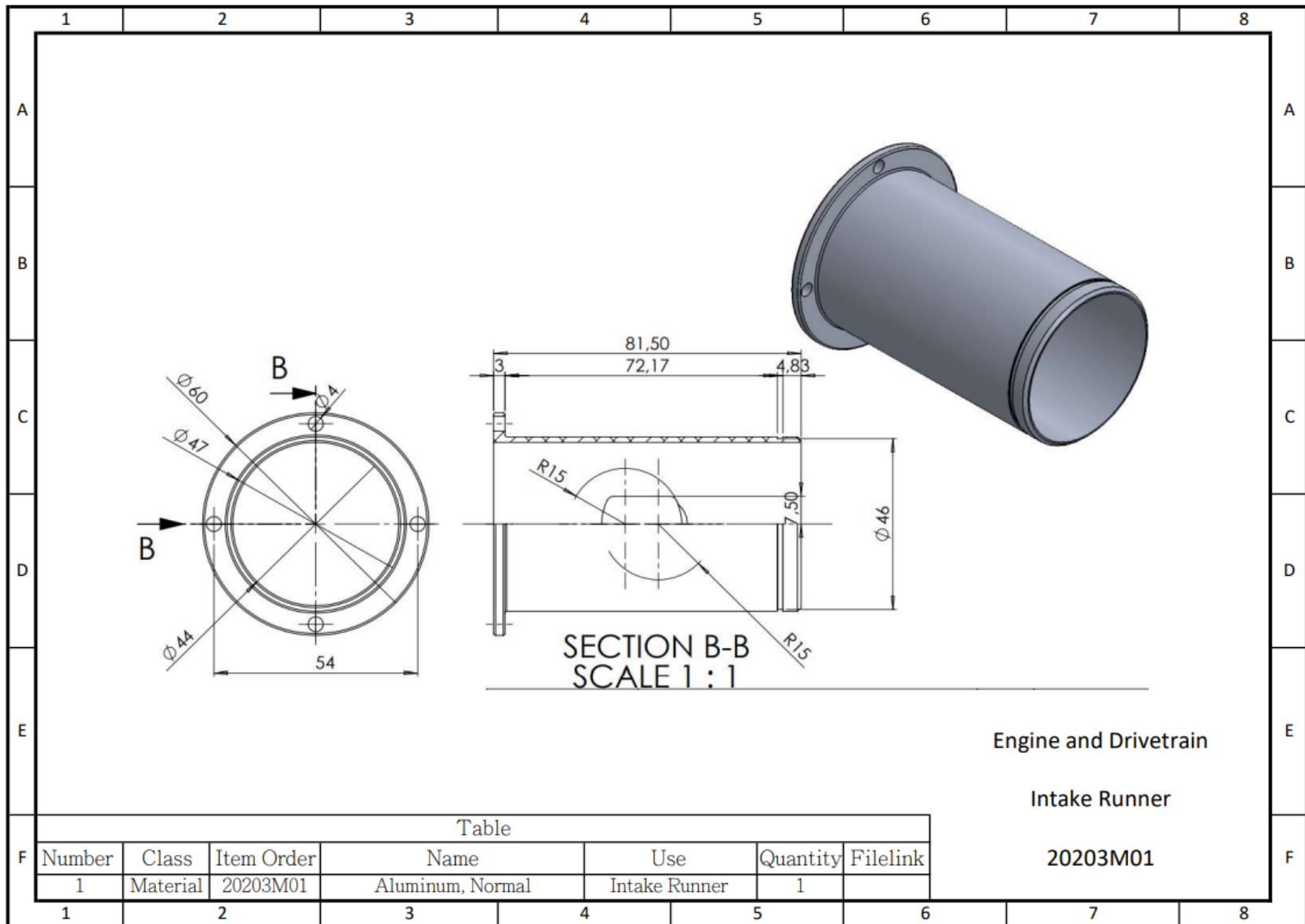
Throttle Body

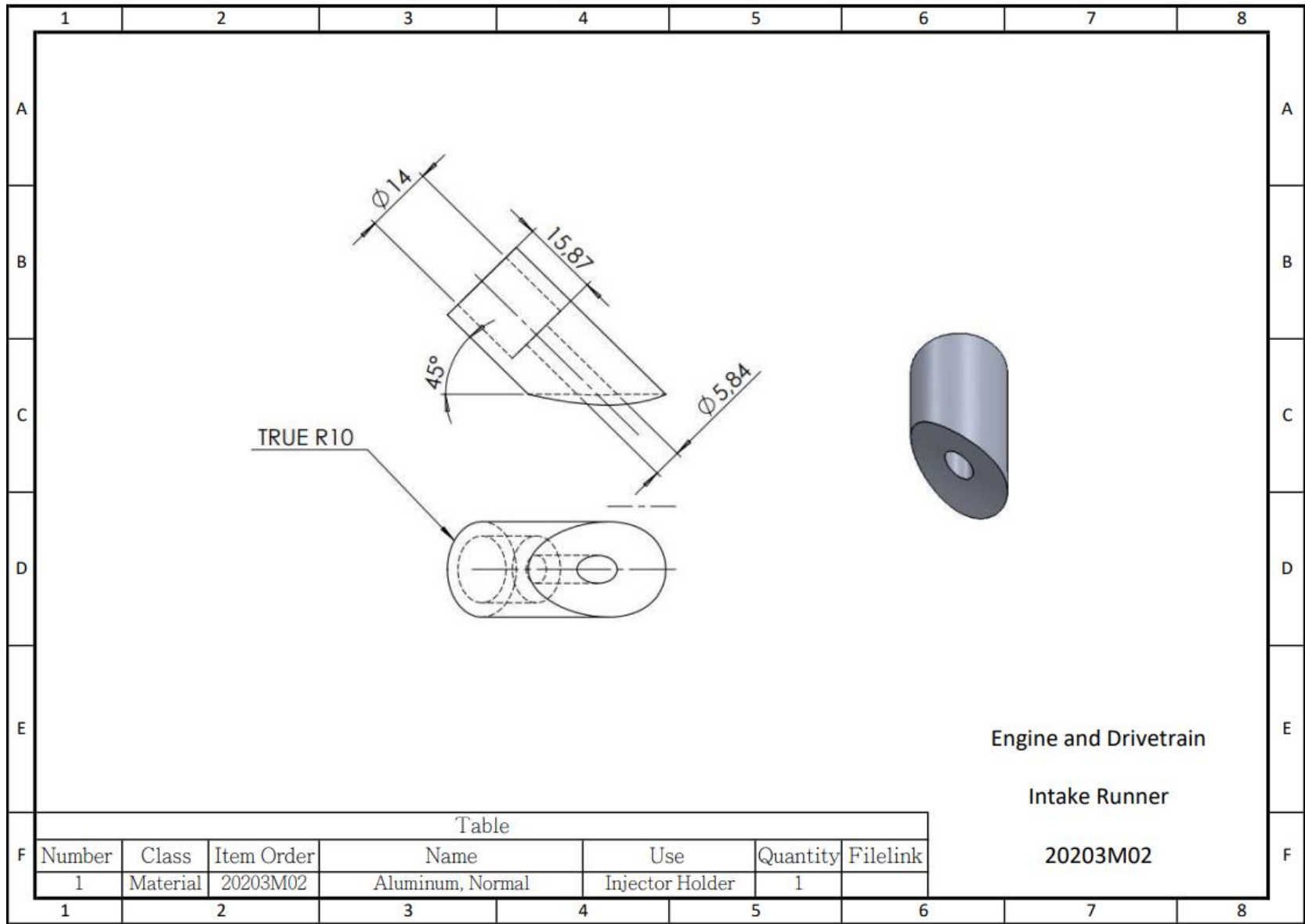
20202

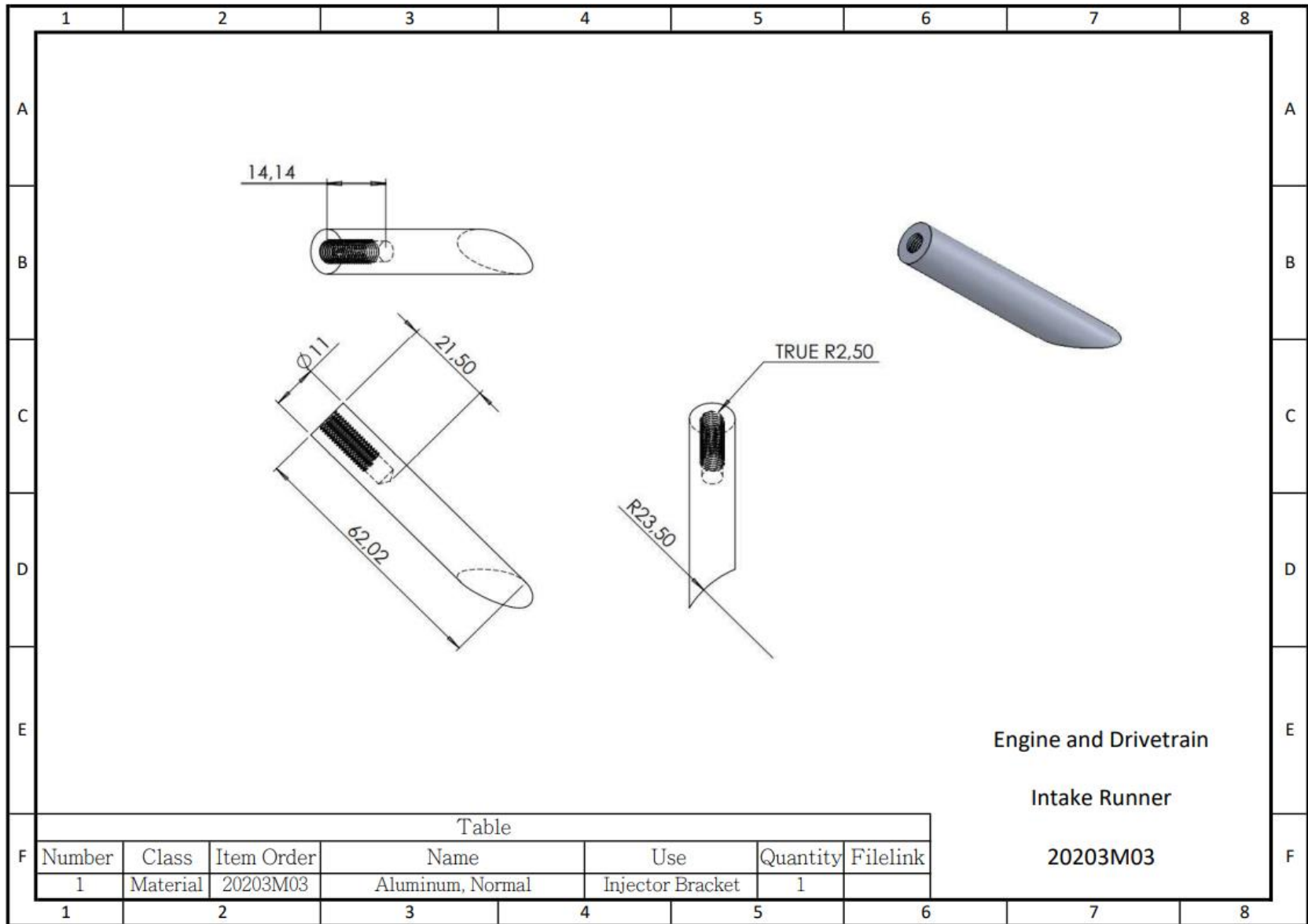
Table						
Number	Class	Item Order	Name	Use	Quantity	Filelink
1	Part	20202	Throttle Body 23 mm		1	

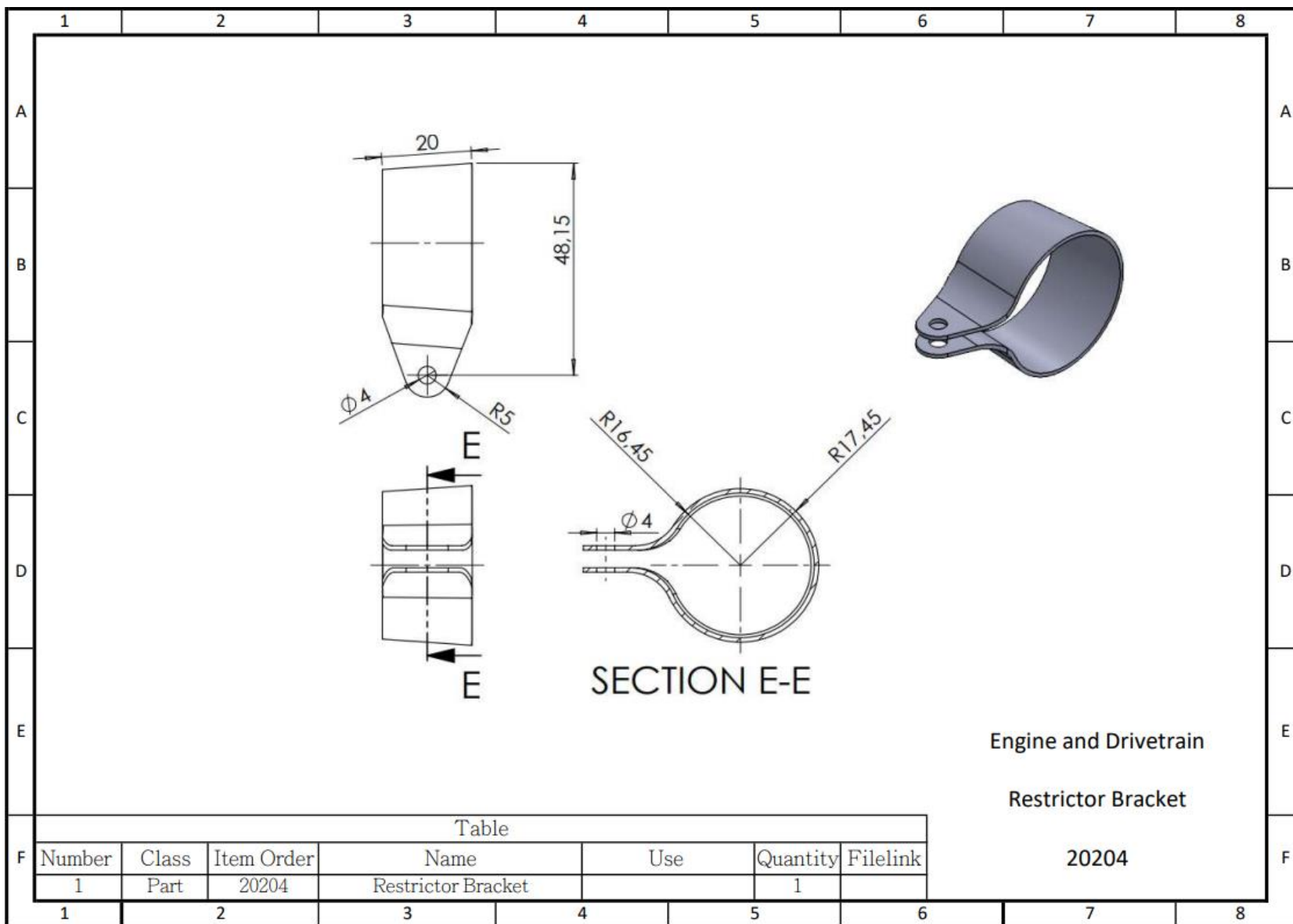
	1	2	3	4	5	6	7	8																					
A									A																				
B									B																				
C									C																				
D									D																				
E									E																				
F	<table><tr><th colspan="7">Table</th></tr><tr><th>Number</th><th>Class</th><th>Item Order</th><th>Name</th><th>Use</th><th>Quantity</th><th>Filelink</th></tr><tr><td>1</td><td>Part</td><td>20203</td><td>Intake Runner</td><td></td><td>1</td><td></td></tr></table>						Table							Number	Class	Item Order	Name	Use	Quantity	Filelink	1	Part	20203	Intake Runner		1		Engine and Drivetrain Intake Runner 20203	F
Table																													
Number	Class	Item Order	Name	Use	Quantity	Filelink																							
1	Part	20203	Intake Runner		1																								
	1	2	3	4	5	6	7	8																					

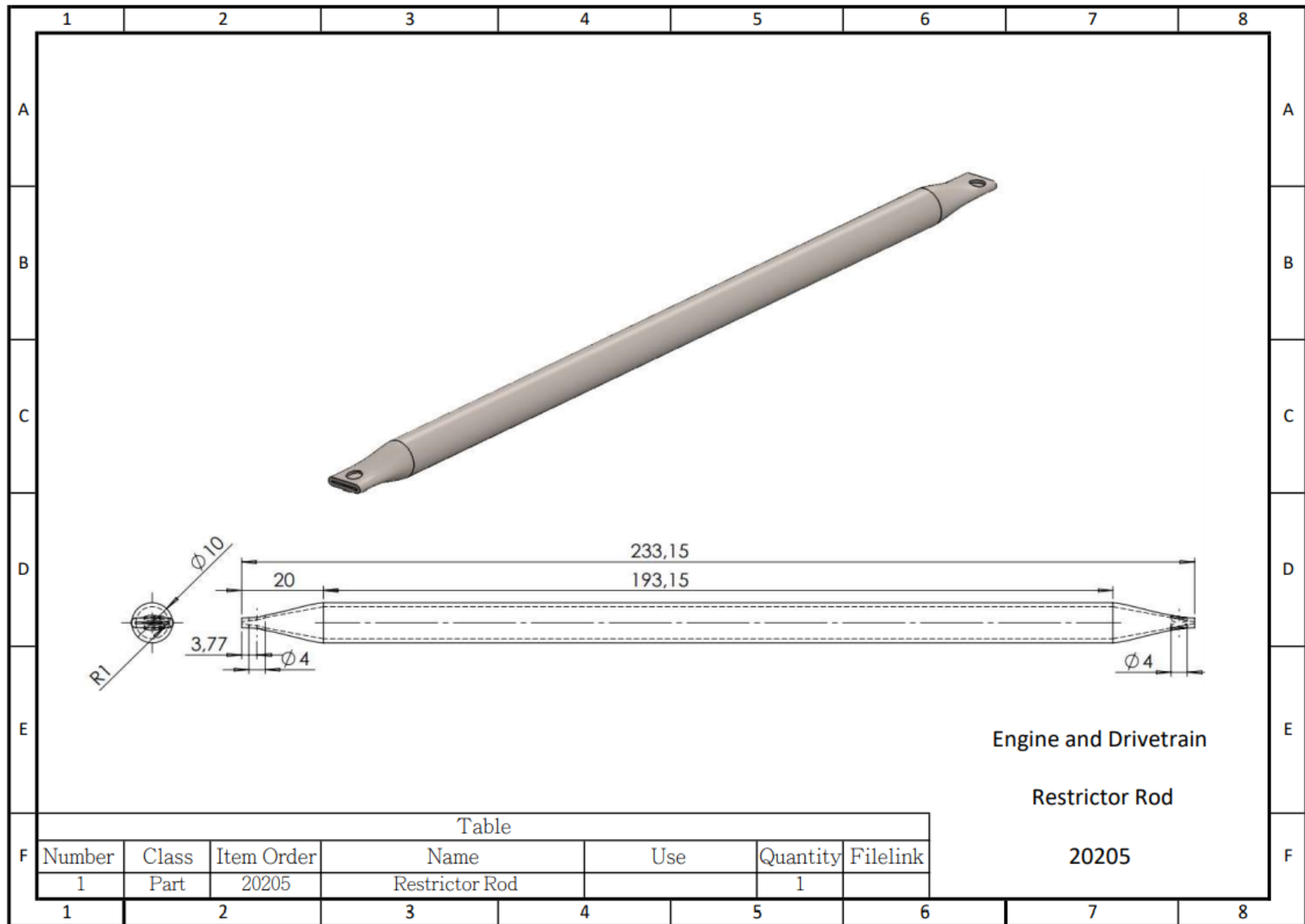




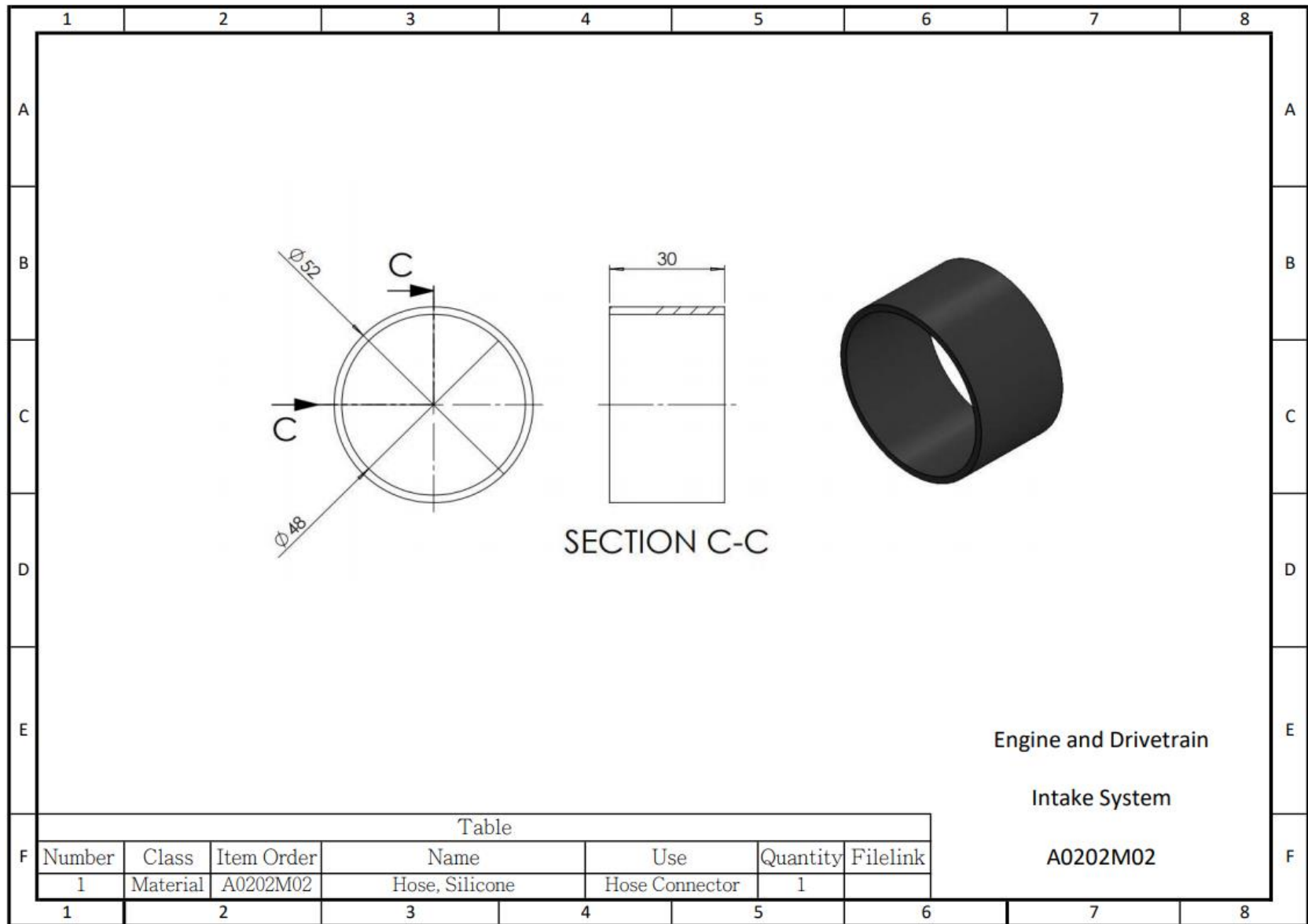


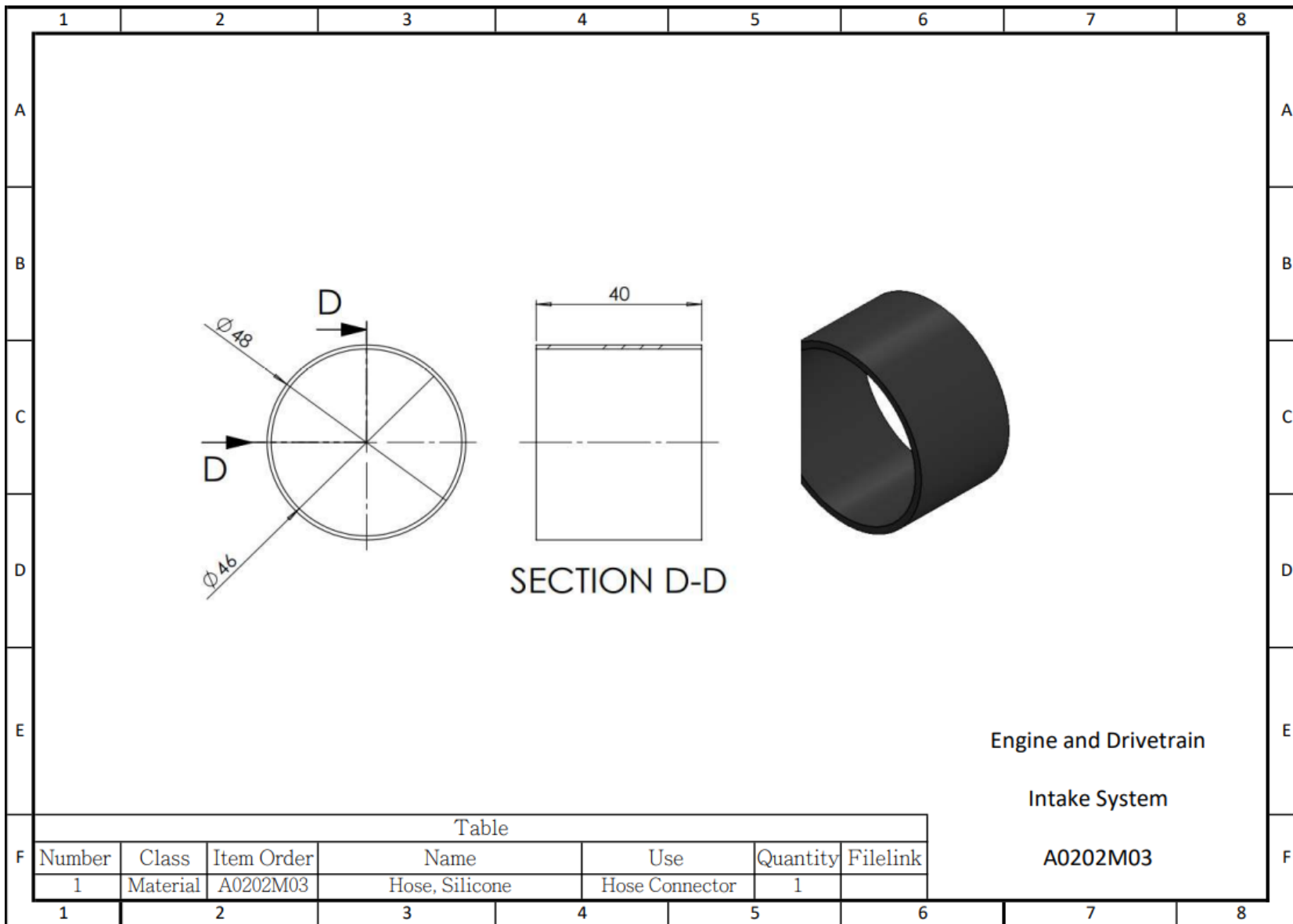




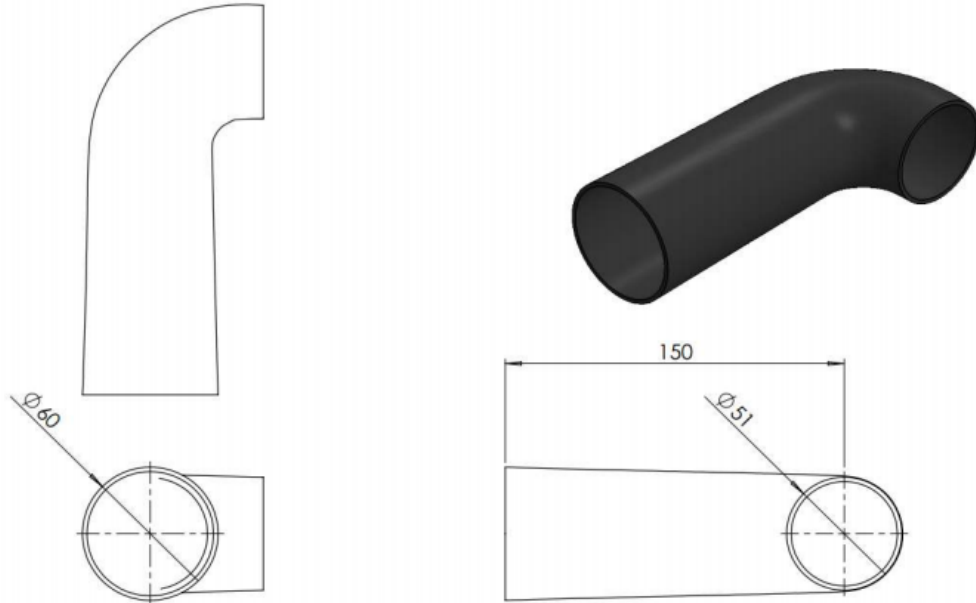


	1	2	3	4	5	6	7	8																					
A								A																					
B								B																					
C								C																					
D								D																					
E								E																					
F	<table><tr><th colspan="7">Table</th></tr><tr><th>Number</th><th>Class</th><th>Item Order</th><th>Name</th><th>Use</th><th>Quantity</th><th>Filelink</th></tr><tr><td>1</td><td>Material</td><td>A0202M01</td><td>Air Filter</td><td>Air Filter</td><td>1</td><td></td></tr></table>						Table							Number	Class	Item Order	Name	Use	Quantity	Filelink	1	Material	A0202M01	Air Filter	Air Filter	1		<p>Engine and Drivetrain</p> <p>Air Filter</p> <p>A0202M01</p>	F
Table																													
Number	Class	Item Order	Name	Use	Quantity	Filelink																							
1	Material	A0202M01	Air Filter	Air Filter	1																								
	1	2	3	4	5	6	7	8																					







	1	2	3	4	5	6	7	8																				
A																												
B																												
C																												
D	<div><div></div></div>																											
E	<div>Engine and Drivetrain</div> <div>Intake System</div> <div>A0202M04</div>																											
F	<table><tr><th colspan="7">Table</th></tr><tr><th>Number</th><th>Class</th><th>Item Order</th><th>Name</th><th>Use</th><th>Quantity</th><th>Filelink</th></tr><tr><td>1</td><td>Material</td><td>A0202M04</td><td>Hose, Silicone</td><td>Hose Connector</td><td>1</td><td></td></tr></table>						Table							Number	Class	Item Order	Name	Use	Quantity	Filelink	1	Material	A0202M04	Hose, Silicone	Hose Connector	1		
Table																												
Number	Class	Item Order	Name	Use	Quantity	Filelink																						
1	Material	A0202M04	Hose, Silicone	Hose Connector	1																							
	1	2	3	4	5	6	7	8																				